BULLETIN
du MUSÉUM NATIONAL d'HISTOIRE NATURELLE

PUBLICATION BIMESTRIELLE

sciences de la terre

70

N° 518 SEPTEMBRE-OCTOBRE 1978

BULLETIN
du
MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

57, rue Cuvier, 75005 Paris

Directeur : Pr M. Vachon.

Comité directeur : Prs J. Dorst, C. Lévi, E. R. Brygoo et R. Laffitte.

Conseillers scientifiques : Dr M.-L. Bauchot et Dr N. Hallé.

Rédacteur : Mme P. Dupérier.

Le *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle*, revue bimestrielle, paraît depuis 1895 et publie des travaux originaux relatifs aux diverses branches de la Science.

Les tomes 1 à 34 (1895-1928), constituant la 1re série, et les tomes 1 à 42 (1929-1970), constituant la 2e série, étaient formés de fascicules regroupant des articles divers.

De 1971 à 1977, le *Bulletin* 3e série est divisé en cinq sections (Zoologie — Botanique — Sciences de la Terre — Écologie générale — Sciences physico-chimiques) et les articles paraissent par fascicules séparés. A partir de 1978 les articles sont regroupés en fascicules bimestriels, par section.

S'adresser :

— pour les **échanges, abonnements et achats au numéro,** à la Bibliothèque centrale du Muséum national d'Histoire naturelle, Service des ventes, 38, rue Geoffroy-Saint-Hilaire, 75005 Paris.

— pour tout ce qui concerne la **rédaction,** au Secrétariat du *Bulletin*, 57, rue Cuvier, 75005 Paris.

Abonnements pour l'année 1978

Abonnement général : France, 530 F ; Étranger, 580 F.

Zoologie : France, 410 F ; Étranger, 450 F.

Sciences de la Terre : France, 110 F ; Étranger, 120 F.

Botanique : France, 80 F ; Étranger, 90 F.

Écologie générale : France, 70 F ; Étranger, 80 F.

Sciences physico-chimiques : France, 25 F ; Étranger, 30 F.

International Standard Serial Number (ISSN) : 0027-4070.

BULLETIN DU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
3e série, nº 518, septembre-octobre 1978, Sciences de la Terre 70

SOMMAIRE

Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris, 3e sér., n° 518, sept.-oct. 1978,
Sciences de la Terre 70 : 123-135.

Données tirées de l'étude des foraminifères et des nannofossiles du Messinien en affleurement et dans le domaine marin

par G. Bizon, J.-J. Bizon et C. Müller *

Résumé. — Différents biotopes (foraminifères, nannoplancton) sont examinés au Miocène supérieur en Méditerranée dans les séries infragypseuses, gypseuses et supragypseuses. Les milieux marins confinés et de faible profondeur se caractérisent par une faible diversité des espèces (monospécificités fréquentes), et des apports en organismes siliceux. Les remaniements très importants en Méditerranée orientale sont probablement liés à une érosion active, en relation avec des mouvements tectoniques à cette période.

Abstract. — Various biotopes (foraminifera, oannoplankton) were examined in the infra-gypsum, gypsum and supra-gypsum series of the Mediterranean Upper Miocene. The restricted environment and shallow water of this basin are characterized by the small number of species (monospecificities — very frequent) and the presence of siliceous organisms. Moreover, the very important reworked material in the Eastern Mediterranean are most likely linked to active erosion in connection with the tectonic movements at this period.

Introduction

L'étude des phénomènes qui ont marqué l'évolution de la Méditerranée au cours du Miocène supérieur a nécessité l'emploi d'une échelle stratigraphique précise (Bizon et Montenat, 1975). En effet, les niveaux évaporitiques *sensu stricto* (gypses, anhydrite, sel) sont généralement sans organismes et les microfaunes présentes dans les niveaux argileux intercalés entre les évaporites sont souvent des fossiles de faciès. Des remarques similaires peuvent être faites pour les séries du Trias évaporitique, pour les gypses oligocènes du bassin Parisien, ou pour les évaporites néogènes de la Parathétys.

D'autre part, on sait qu'il existe, en Méditerranée, des dépôts évaporitiques à différentes périodes du Néogène, au Langhien-Serravallien dans le golfe de Suez (Gvirtzman et Buchbinder, 1977), au Serravallien supérieur en Espagne méridionale. D'après nos observations, il ne semble pas non plus que les évaporites du Miocène supérieur de Méditerranée débutent toujours à la même période. Le confinement peut commencer plus ou moins tôt suivant les régions et la paléogéographie locale. Il faut donc toujours avoir pré-

* *BEICIP, 366, avenue Napoléon Bonaparte, 92502 Rueil Malmaison.* Le présent texte (4e publication du projet UNESCO n° 117) a été déposé après la réunion sur le Messinien organisée les 16 et 17 mai 1977, au Laboratoire de Géologie du Muséum, à l'initiative de la RCP 459, « Genèse et nature des faciès confinés ». (Responsable Georges Busson, Sous-Directeur de Laboratoire.)

sent à l'esprit que les associations de microfossiles de milieux confinés ne permettent pas toujours de préciser le moment exact où les dépôts évaporitiques ont commencé à se former.

Les grandes épaisseurs de gypses et sels connus dans les plaines abyssales de Méditerranée n'ont jamais été traversées et, par conséquent, nul ne sait actuellement l'âge des terrains qu'elles recouvrent. Les seuls arguments pour penser que ces gypses appartiennent au Miocène supérieur sont les hypothèses de la géophysique, fondées sur des corrélations entre couches de même vitesse de pénétration, donc essentiellement sur des faciès, sans évidences paléontologiques et, partant, pouvant être discutables.

Par conséquent, il était nécessaire de définir le Messinien sur des bases paléontologiques précises, permettant de l'encadrer à la base et au sommet par des niveaux marins (mer ouverte), si l'on voulait conserver à cet étage une valeur chronostratigraphique couvrant une tranche de temps dans le Miocène supérieur. Ceci a été défini par Montenat et Bizon (1975).

En Méditerranée, cet intervalle de temps du Miocène supérieur peut être défini avec des foraminifères planctoniques et des nannofossiles.

L'observation des foraminifères planctoniques permet de définir le Messinien : à la base, par l'apparition de *Globorotalia mediterranea*, espèce non restreinte à la Méditerranée et connue également dans l'Atlantique tempéré (Berggren, 1975), et au sommet par l'apparition de *Globorotalia margaritae*, dont les formes ancestrales ne sont pas connues en Méditerranée. Des recherches en cours dans l'Atlantique d'une part, dans l'océan Indien, d'autre part, devraient permettre de définir les modalités de son apparition en Méditerranée.

Le Messinien correspond à la partie supérieure de la zone de nannoplancton NN 11 (*Discoaster quinqueramus*), dont la mise en évidence, en Méditerranée, est parfois difficile en raison de la rareté du marqueur de zone. Les mêmes observations ont été faites dans l'Atlantique Nord, et semblent dépendre de la diminution de la température de l'eau de mer à cette période.

L'étude des foraminifères planctoniques et du nannoplancton sur les mêmes échantillons de plusieurs sections montre que la zone à *Globorotalia margaritae* correspond à la zone à *Ceratolithus tricorniculatus* (NN 12). A partir de ces résultats, il semble raisonnable d'accepter la limite NN 11/NN 12 (zone à *D. quinqueramus*/zone à *C. tricorniculatus*) pour marquer le passage Miocène — Pliocène, défini par l'extinction de *D. quinqueramus*.

Le Messinien étant ainsi défini, différents biotopes seront examinés successivement à partir de données à terre et de données de forages. Ces biotopes sont observés dans les séries sans évaporites, argileuses intercalées entre les évaporites, marines sous les évaporites et marines sur les évaporites.

Études des biotopes

1. Séries sans évaporites

Il existe des séries d'âge Messinien où les gypses ne sont pas représentés. En Méditerranée occidentale c'est le cas, par exemple, du bassin de Véra dans sa partie centrale. C'est

également le cas du Maroc septentrional (bassins de Boudinar et de Mellila) et de l'Oranais occidental.

Dans le bassin de Véra, la coupe de Cuevas del Almanzora (MONTENAT *et al.*, 1976) montre une série marine du Messinien. Une faible régression est observée sur deux mètres, avec des faciès dolomitiques, qui est un faible écho de la régression observée en Méditerranée à cette période. L'intervalle Messinien est encadré à la base par l'apparition de *Globorotalia mediterranea* (non *G. conomiozea*, dont la définition imprécise est sujette à caution) et, au sommet, par l'extinction de cette espèce et l'apparition de *Globorotalia margaritae*, liée à l'extinction de *Discoaster quinqueramus*. Un changement de sens d'enroulement des *Globorotalia acostaensis*, passant de totalement senestre à totalement dextre, après un intervalle de fluctuations rapides, semble également un critère de second ordre pour marquer la limite Miocène-Pliocène. Ce caractère est peut-être d'origine climatique. Les associations de nannofossiles indiquent, en effet, une augmentation de la température de l'eau de mer à cette période. La limite Miocène-Pliocène est également marquée par les isotopes de l'oxygène (GRAZZINI, *sous presse*).

Les foraminifères benthiques du Miocène supérieur du bassin de Véra indiquent des dépôts de sédiments sous une faible profondeur d'eau (*Bulimina ovata*, *Valvulineria* sp.). Les Ostracodes (*Cyprideis*) associés à des foraminifères marins dans la partie moyenne du profil indiquent une stratification des eaux, plus confinées en profondeur, ou un déplacement à partir des séries saumâtres connues dans l'ouest du bassin.

Cette coupe de référence de Véra sera proposée au prochain congrès du Néogène méditerranéen pour pallier les lacunes de la coupe type de Pasquasia-Capodarso, en Sicile. Elle représente un des meilleurs profils actuellement connus en Méditerranée. Cette coupe de référence concerne des régions tempérées. Des corrélations peuvent être établies avec l'Atlantique Nord où, malheureusement, d'importantes dissolutions de fossiles marquent le Miocène supérieur. Un meilleur profil est recherché actuellement en d'autres régions du globe. En ce qui concerne les régions tropicales, les corrélations seront, sans doute, relativement difficiles à établir avec les régions tempérées. On sait déjà que, dans la région des Caraïbes, sur toute la bordure nord du Venezuela et de la Colombie, des faciès régressifs s'installent au Miocène supérieur avec associations à *Ammonia* et *Cyprideis*. Les régions indo-pacifiques seraient peut-être plus prometteuses, mais demandent à être étudiées avec beaucoup de soin.

En ce qui concerne le Maroc septentrional, les séries du Miocène supérieur ne comportent pas d'évaporites. HOUZAY (1975) indique, dans le bassin de Boudinar, une continuité marine à la limite Miocène-Pliocène. Les travaux de GUILLEMIN (1976) dans le bassin de Mellila montrent que la série marneuse à *G. mediterranea* passe à un faciès de calcaire lacustre de faible épaisseur. Les associations de foraminifères benthiques du Miocène supérieur, riches en *Ammonia beccarii* et *Elphidium*, indiquent des dépôts sous une faible profondeur d'eau. La transgression du Pliocène inférieur sur cette zone de bordure est représentée par des sédiments argilo-sableux, riches en foraminifères benthiques néritiques avec foraminifères planctoniques épipélagiques à rares *G. margaritae*.

En mer d'Alboran (MONTENAT *et al.*, 1975), l'intervalle non carotté du forage 121 (leg 13) ne permet pas de dire si les évaporites sont représentées ou absentes. Les sédiments du Miocène supérieur sont riches en *G. mediterranea*. Au-dessus de ces vingt mètres non carottés, *G. margaritae* et *G. puncticulata* ont été observées dans un sédiment sableux

et argileux. Si une lacune de sédimentation existe, ce que l'on ne peut ni infirmer, ni confirmer, elle est de courte durée.

2. Séries argileuses intercalées entre les évaporites

A terre, deux exemples peuvent être choisis. L'un, en Sicile, est bien connu ; l'autre, à Chypre, a été étudié dans le cadre du projet 117 (Baroz *et al.*).

En Sicile, le profil d'*Eraclea minoa* a déjà été étudié par de nombreux géologues et sédimentologues. La série des gypses inférieurs repose, par l'intermédiaire d'une surface de glissement, sur des marnes du Serravallien. Cette masse chaotique de blocs de toutes tailles, souvent déformée, n'a pas fait l'objet d'une étude micropaléontologique.

Dans la série des gypses supérieurs, des niveaux marneux et sableux intercalés entre les six séquences évaporitiques ont été examinés. Les microfaunes recueillies appartiennent à cinq biotopes principaux ; on trouve :

— des milieux très confinés, renfermant surtout des Ostracodes,

— des milieux lagunaires à *Ammonia tepida* et Ostracodes,

— des milieux marins confinés à foraminifères planctoniques nains, parfois abondants,

— des milieux plus franchement marins, à foraminifères planctoniques épipélagiques, de taille normale,

— des niveaux de remaniements importants comportant des espèces du Crétacé au Miocène supérieur.

Le nannoplancton examiné sur les mêmes échantillons montre que les échantillons à *Ammonia* et Ostracodes renferment une nannoflore généralement abondante, bien conservée et bien diversifiée. Il en est de même pour les niveaux à foraminifères planctoniques nains. Par contre, les niveaux à nannofossiles peu abondants, recristallisés et peu diversifiés correspondent à des niveaux à Ostracodes seuls ou à rares formes de foraminifères planctoniques nains.

Ces résultats indiquent non seulement que les nannofossiles sont, en général, moins sensibles aux variations des facteurs écologiques, mais encore, que l'on doit accepter une stratification des eaux.

Ces observations mériteraient une étude plus approfondie et liée à des recherches sédimentologiques. Quels sont les rapports entre les différents biotopes et le sédiment ? L'échantillonnage trop espacé ne permet pas de répondre à cette question. Les foraminifères benthiques recueillis indiquent une profondeur d'eau très faible et un milieu restreint. Les agglutinants et miliolidés, observés généralement dans les lagunes et estuaires actuels, ne sont pas représentés dans ce profil. Parmi les associations de foraminifères planctoniques, on trouve, soit des formes naines, indiquant un milieu restreint, soit des espèces épipélagiques, connues seulement dans la partie superficielle de l'eau de mer. Les espèces méso ou bathypélagiques ne sont pas représentées. Les niveaux de remaniements indiquent une érosion active.

A Chypre, dans le bassin de Polis, plusieurs profils ont été examinés par l'équipe du projet UNESCO n° 117. Les résultats actuels sont fragmentaires, mais il semble intéressant de signaler des biotopes très particuliers observés dans des niveaux marneux intercalés entre les niveaux évaporitiques.

Reposant sur des gypses amygdalaires, des échantillons ont fourni des microfaunes de petite taille. Il s'agit de foraminifères benthiques comportant principalement des Bolivines non ornées, des Spirillines et de rares Trochamminidés, de petite taille. Les spicules de Spongiaires sont fréquents (monaxones, tétraxones et sterrasters). Un deuxième biotope est représenté par des spicules de Spongiaires et des diatomées associées à de petites Spirillines et Miliolidés. Un troisième biotope ne comporte plus que des spicules et diatomées. Dans ce dernier milieu, le nannoplancton est représenté par une association monospécifique à *Sphenolithus abies*.

Les associations de foraminifères benthiques indiquent un milieu marin, très peu profond et confiné. Le caractère important est ici la fréquence des organismes siliceux (spicules et diatomées). Cet apport de silice est déjà connu dans les sédiments précédant la masse principale des évaporites, en Espagne et en Sicile, ainsi qu'au Maroc septentrional.

Il faut remarquer également la rapidité de changement des différents biotopes se succédant sur quelques mètres d'épaisseur.

En mer, tous les forages du leg 42 A (Hsü, Montadert *et al.*, 1977) ont atteint des niveaux évaporitiques, à l'exception du site 377. En général, la récupération a été médiocre dans les gypses. Pour citer un exemple, au site 372, pour les carottes 4 et 5, seulement 0,4 m ont été récupérés sur 9,50 m carottés. En d'autres cas, la récupération a été meilleure : 1,3 m sur 2 m carottés pour des sédiments du site 374 (carotte 19).

Des faciès de gypses « balatino » ont été reconnus au cours des forages 372 et 374.

Des faciès de gypses séléniles (swallow-tail) ont été prédominants au site 378.

Enfin, au site 376, des faciès bréchiques étaient surtout représentés.

Les niveaux de marnes dolomitiques intercalées entre les niveaux de gypses du site 376 ont montré surtout des foraminifères benthiques et planctoniques, ainsi que des nannofossiles remaniés du Crétacé au Miocène supérieur, associés à de fins débris de roches vertes.

En raison du carottage difficile dans les séries de gypse, des contaminations ont été observées provenant des niveaux sus-jacents ; c'est le cas, par exemple, au site 372, où la récupération était spécialement médiocre.

En résumé, aucune microfaune ou microflore en place n'a été observée dans les sédiments examinés. Néanmoins, la rareté des niveaux argileux récupérés ne permet pas de conclure, pour le moment, à l'absence totale de vie dans ces milieux.

3. Séries marines sous les évaporites

Le confinement et la réduction de profondeur d'eau s'effectue généralement de manière progressive.

A terre, trois exemples ont été choisis : en Espagne, en Sicile et à Chypre.

En Espagne, dans le bassin de Murcie-Alicante (Bizon et Montenat, 1972), il a été démontré que, succédant aux faciès de mer ouverte à *Globorotalia mediterranea*, des associations de foraminifères planctoniques peu diversifiées et parfois monospécifiques sont représentées. Ce sont les associations à *Globigerina* et (ou) *Globigerinoides*. Le genre *Orbulina* se caractérise par des formes incomplètement développées (Orbulines immatures), comme on peut en observer actuellement dans des sédiments de faible profondeur. Parmi les foraminifères benthiques, ce sont tantôt les *Ammonia* et *Elphidium*, tantôt les Bolivines qui sont prédominantes, associées ou non à des Bulimines, indiquant des mers peu

profondes et des conditions de vie défavorables à une grande diversification de genres et d'espèces.

La coupe de Lorca (Montenat, 1973), en Espagne méridionale, est très significative à cet égard, avec le passage de séries marines à des séries de marnes feuilletées, silicifiées, à diatomées et débris de poissons. Les Orbulines immatures et Globigérines sont rares. Les Bolivines non ornées, par contre, sont abondantes.

En Sicile, le profil de Falconara montre le passage de séries de mer ouverte à des tripolis (diatomites). Les espèces de foraminifères planctoniques sont abondantes à la base. La diversification des espèces décroît en montant dans la série et un dernier échantillon prélevé dans la série des diatomites ne comporte plus que quatre espèces. Les nannofossiles sont également moins abondants et l'association est peu diversifiée. Les Discoastéridés sont plus rares que dans les sédiments sous-jacents, et les coccolithes sont de très petite taille.

A Chypre, au nord du Trodoos (Baroz et Bizon, 1977), la série marine passe à un calcaire très recristallisé, déposé sous une faible profondeur d'eau. On peut observer en surface des *Discospirina*[1]. Ces organismes, voisins des *Nubecularia*, indiquent des milieux marins de faible profondeur et probablement déjà confinés.

Un autre faciès calcaire présent au sud de Chypre est le calcaire de Koronia, dont les relations avec les gypses ne sont pas complètement élucidées (travaux de l'équipe du projet 117 en cours). Au lieu-type de Koronia, des biotopes très divers se succèdent rapidement, avec des niveaux à *Ammonia* et *Cyprideis*, des niveaux à algues (Mélobésiées), Borelis et Pénéroplidés. Ces niveaux à Borelis sont caractéristiques des plates-formes internes de mer chaude. Des faciès analogues sont connus en Italie, Sicile, Tunisie.

En mer, les observations faites au cours du leg 42 A concernant les séries marines situées sous les évaporites sont assez décevantes et ne permettent pas d'établir clairement les modalités du passage aux gypses inférieurs. Deux sites ont traversé les gypses et atteint le Miocène marin : le premier, 372, à l'est de Minorque, le deuxième, 375, à l'ouest de Chypre.

Au site 372, l'intervalle considéré a été étudié sur dix mètres environ (carotte 9, sections 1 à 4). Au sommet de la carotte a été recueilli un fragment de gypse ; au-dessous et sur une épaisseur d'un mètre environ, une série de marnes finement laminées, grises et blanches à *Ammonia tepida* abondants. En dessous, la série s'enrichit en foraminifères planctoniques, datés du Serravallien supérieur — Tortonien inférieur.

Dans la partie supérieure des laminations, de petites Bolivines non ornées s'associent aux *Ammonia*. C'est ici un faciès confiné typique, de faible profondeur, impossible à dater de façon précise.

Une étude détaillée des nannofossiles recueillis dans ces laminations a donné les résultats suivants.

Les couches blanches sont riches en nannoplancton, mais les associations sont peu diversifiées. En général, deux espèces seulement sont représentées : *Sphenolithus abies*, et une très petite espèce du genre *Reticulofenestra*. Ces formes sont probablement très résistantes et caractéristiques d'un milieu hypersalin. Elles ont été observées également dans des milieux confinés d'autres sections (Zakynthos).

1. La paroi calcaire imperforée, très mince, est très fragile. Le proloculum est suivi d'un enroulement cornuspirin en plusieurs directions ; puis les loges sont semi-circulaires et, enfin, on observe des stades annulaires. Des cloisons s'arrêtent à mi-longueur des loges, déterminant des logettes.

D'autres espèces, très rares, sont représentées également dans les couches blanches : *Cyclococcolithus leptoporus*, *Helicosphaera carteri* et *Coccolithus pelagicus*. Les Discoastéridés sont absents. Des remaniements n'ont pas été observés.

Les sédiments gris sont moins riches en nannofossiles, mais les associations sont plus diversifiées. Ces couches se caractérisent par une augmentation en matériel détritique, ainsi qu'en nannofossiles remaniés. Les Discoastéridés sont présents, mais rares, probablement en raison de la faible profondeur d'eau.

Avec certains auteurs, on peut penser que ces laminations peuvent être expliquées par des changements rapides et rythmiques de la salinité, avec de courtes incursions d'eau de mer de salinité normale. Ces dernières sont indiquées par des associations plus diversifiées de nannofossiles. Par contre, les couches blanches, déposées dans un milieu hyposalin, sont marquées par des associations presque monospécifiques, avec des formes souvent extrêmement petites.

Des observations comparables ont été faites par Rouchy (1976*a*, *b*) dans les gypses finement lités (Balatino) du Miocène terminal de Sicile.

Des observations similaires, caractérisant les sédiments laminés, ont été décrites au Jurassique (Noël, 1972 ; Müller et Blaschke, 1969*a*), à l'Oligocène (Busson et Noël, 1972 ; Müller et Blaschke, 1971), au Miocène (Best et Müller, 1972), et au Pleistocène dans la mer Noire (Müller et Blaschke, 1969*b* ; Bukry *et al.*, 1970).

Un deuxième forage (375) a traversé les évaporites en carottage discontinu. Les gypses ont été atteints à 138 m sous l'interface des sédiments. Une deuxième carotte prélevée de 189,5 à 194,5 m n'a permis de récupérer que des fragments de gypses grossièrement cristallisés et quelques fragments de gypses laminés. Une troisième carotte (194,5-197,5) ne comportait plus qu'un fragment retombé de calcaire dolomitique à rares Orbulines. La carotte suivante, prélevée 50 m au-dessous (245,5-252 m) a pénétré des marnes dolomitiques verdâtres, très pyriteuses. Quelques niveaux fossilifères ont permis de reconnaître la zone à *Globorotalia humerosa*. Les foraminifères benthiques sont extrêmement rares. L'abondance de la pyrite indique un milieu mal oxygéné et probablement à pH faible. La profondeur de dépôt des sédiments, si elle est calculée en se servant du rapport plancton/benthos, pourrait être de 1 500 à 2 000 mètres. On peut néanmoins se demander quelle est la valeur de ce rapport dans un milieu défavorable. L'absence de courants de fond dans une mer stagnante, la stratification des eaux, plus oxygénées en surface (foraminifères planctoniques), réductrices en profondeur, peuvent aussi bien expliquer l'absence de vie benthique sans définir une profondeur d'eau quelconque. On notera enfin que des Orbulines à test très mince, en partie dissoutes au cours de la diagenèse, des algues enkystées connues dans des sédiments marins de faible profondeur de l'Atlantique, ont également été observées dans ces sédiments.

L'intervalle non carotté de 50 m entre ces marnes et les premiers gypses ne permet pas d'interpréter les conditions de dépôts de ces derniers. Une extrapolation de profondeur d'eau à partir des vitesses de sédimentation semble illusoire dans un petit bassin où les faciès des sédiments situés sous les gypses ne sont pas connus et peuvent différer sensiblement de ceux prélevés 50 m plus bas. Ce qui est valable pour les milieux franchement océaniques ne s'applique pas nécessairement à de petits bassins plus ou moins fermés comme c'est le cas en Méditerranée au Miocène supérieur.

4. Séries marines sur les évaporites

A terre, des observations ont été faites en Espagne méridionale, en Sicile et en Tunisie.

En Espagne méridionale, l'arrivée de faunes normales de mer ouverte s'effectue relativement rapidement, mais progressivement. On passe des séries confinées à des séries à foraminifères planctoniques épipélagiques dominants, puis à des séries où les *Globorotalia* font leur apparition. Les foraminifères se diversifient rapidement en montant dans la série. Le renouvellement des associations de nannofossiles est également très rapide et très net.

En Sicile, à Capo Rossello, le passage de l'Arenazzolo au faciès Trubi montre, au-dessus des gypses sélénites et d'un banc de cinérite, une série marno-silteuse passant à des fines alternances de marnes et sables, puis à une série sableuse à stratification entrecroisée. Cette série devient ensuite rapidement plus marneuse et se charge en carbonates, passant de façon progressive au faciès Trubi.

Les associations de foraminifères se caractérisent, à la base de l'Arenazzolo, par de nombreux remaniements. On observe plus haut des niveaux à *Ammonia* et Ostracodes, puis des niveaux à plancton nain abondant. La série s'enrichit ensuite en foraminifères planctoniques épipélagiques. Douze échantillons, prélevés au contact Arenazzolo-Trubi, ont montré sur environ 50 cm, à la base, des sables micacés à éléments de roches diverses avec présence de glauconie. Les quartz deviennent plus rares en montant dans la série, tandis que la teneur en calcite augmente. La microfaune se diversifie rapidement en arrivant au faciès Trubi.

L'étude du nannoplancton, effectuée sur les mêmes échantillons, a donné les résultats suivants :

Les sédiments de l'Arenazzolo sont caractérisés par des remaniements abondants du Crétacé au Miocène supérieur. Les très rares exemplaires de *D. quinqueramus*, *D. calcaris* et *D. icarus* viennent vraisemblablement des sédiments du Miocène supérieur, déplacés et redéposés. Dans les couches sableuses, les nannofossiles sont moins fréquents. Les remaniements diminuent vers le sommet de cette série, et disparaissent avec les marnes du Trubi qui sont riches en nannofossiles avec des associations très diversifiées. Cette différence très nette entre les associations de nannofossiles du Miocène et du Pliocène est typique pour la plupart des bassins de Méditerranée.

En Tunisie (Bizon et Burollet, 1974*a*), la transgression pliocène est marquée par une association de foraminifères benthiques néritiques, de foraminifères planctoniques épipélagiques et de *Cyprideis*. Cette association repose sur des formations continentales à saumâtres. La diversification des espèces augmente progressivement en montant dans la série.

En mer, un carottage continu a été tenté à la limite Pliocène-évaporites (leg 42 A).

Au site 371, dans le bassin Sud-Baléares, dix-neuf mètres n'ont pas été carottés entre le Pliocène inférieur (marnes sableuses à *Globorotalia margaritae* et *Globorotalia puncticulata*) et les évaporites.

Au site 372 (bassin Nord-Baléares), sous le Pliocène inférieur à microfaune bien diversifiée appartenant à la zone à *Globorotalia puncticulata*, la carotte sous-jacente montre,

sur 1,50 m environ, des foraminifères planctoniques nains très abondants. Les foraminifères benthiques sont, pour ainsi dire, inexistants, en dehors de rares petites Bolivines non ornementées. Le nannoplancton, abondant, comporte des espèces à grande extension stratigraphique et très recristallisées. La base de cette carotte, très pyriteuse et dolomitique, n'a livré que des débris indéterminables avant de passer aux gypses. Les associations de planctoniques nains ont permis de reconnaître le Miocène supérieur.

Une carotte de trois mètres, prélevée non loin du site 372, a fait l'objet d'une étude détaillée (Bizon et Mauffret, 1975). Dans cette carotte, sous le Quaternaire marin, des marnes bleues ont livré une microfaune très recristallisée et dolomitisée à abondantes *Globorotalia mediterranea* et nannofossiles de la zone NN 11. Ces sédiments de mer ouverte sont probablement chronostratigraphiquement équivalents aux faciès confinés de 372, situés entre les évaporites et le Pliocène inférieur.

Les sites 374 et 376 ont montré qu'il existait, entre les niveaux évaporitiques et les niveaux de mer ouverte du Pliocène des sédiments dolomitiques atteignant respectivement 26 m au site 374 et 80 m au site 376.

Au site 374, la zone à *Globorotalia margaritae* a été mise en évidence dans les sédiments de la carotte 10. Dans cette carotte, comme déjà dans la précédente, des cristaux de dolomie ont été observés à la surface des tests de foraminifères. Les sédiments de la partie supérieure de la carotte suivante sont totalement dolomitisés et ne montrent plus que d'abondants fantômes de foraminifères indéterminables. Plus bas dans la série ont été observés des algues enkystées et des débris de poissons. Les sédiments dolomitiques sous-jacents ne renfermaient plus rien, en dehors de rares algues enkystées et petits *Globorotalia*. Un peu plus bas, un intervalle à Radiolaires, spicules et diatomées a permis à J. P. Caulet de reconnaître la zone à *S. peregrina* du Miocène supérieur. Enfin, juste au-dessus des gypses, un niveau à diatomées a été recueilli. Les espèces saumâtres à limniques indiquent une salinité faible (0 à 5 ‰) et une profondeur d'eau de 0 à 20 m (Schrader et Gersonde, 1976).

L'examen détaillé du passage marnes pélagiques pliocènes-marnes dolomitiques-gypses a pu être observé au site 376. Mais, pour ce forage, des difficultés dans l'interprétation des résultats interviennent. En effet, trois mètres de Quaternaire marin ont été observés entre le Pliocène inférieur à *Globorotalia margaritae* et l'acmé à *Sphaeroidinellopsis*. Ce Quaternaire peut être interprété comme une contamination, mais l'hypothèse d'un olistolithe entraînant, au Quaternaire, tout le Pliocène, est également plausible.

Les sédiments sous-jacents comportent des biotopes très divers, sur une faible épaisseur : association de foraminifères épipélagiques, sédiments à petites Rosalines et petites Bolivines, marnes dolomitiques à débris de poissons et algues enkystées, associations monospécifiques à *Sphaeroidinellopsis*. La série se complète vers le bas par 80 mètres de marnes dolomitiques à turbidites comportant d'importants remaniements de foraminifères et nannofossiles d'âge Crétacé supérieur à Miocène, pour arriver à des gypses bréchiques à débris de roches vertes.

L'absence totale de foraminifères benthiques et d'ostracodes dans le biotope à *Sphaeroidinellopsis* est troublante. Si ce sédiment s'est déposé en eaux profondes, on pourrait s'attendre à y trouver un minimum d'espèces d'eaux profondes. Dans ce cas, on peut se demander si l'absence de vie benthique n'est pas plutôt en relation avec des fonds sous-marins mal oxygénés et dépourvus de courants.

Discussion sur les milieux de dépôts et la bathymétrie au Miocène supérieur-Pliocène inférieur

Les foraminifères recueillis au Miocène supérieur sous et sur les évaporites, à terre ou en forages sont représentés par :

— des populations peu diversifiées et généralement de très petite taille de foraminifères planctoniques,

— des associations monospécifiques de foraminifères benthiques de faible profondeur, généralement très résistants, comportant surtout des *Ammonia*, Bolivines, Rosalines avec parfois des *Elphidium*.

D'un point de vue plus général, on peut également noter deux caractéristiques :

— des apports importants en organismes siliceux (radiolaires, spicules, diatomées),

— des remaniements très importants (Sicile, Chypre) qui semblent représentés surtout en Méditerranée orientale.

Les foraminifères planctoniques de petite taille observés sous les gypses, dans les lits marneux intercalés entre les gypses, et au-dessus des gypses, indiquent un environnement défavorable. Par contre, il est difficile de préciser quel facteur prédominant a occasionné ce nanisme (oxygène, pH, salinité, température, eaux sulfatées, etc.). Les petits *Globorotalia* observés aux sites 374 et 376 montrent des épines irrégulièrement distribuées vers la périphérie du test. Des formes similaires ont été décrites par Fleischer (1974) dans des marnes dolomitiques surmontant les évaporites de la mer Rouge.

Le nannoplancton se caractérise par :

— une diversification réduite des espèces,

— parfois, une réduction de taille des espèces,

— des remaniements abondants dans quelques niveaux, intercalés de niveaux à espèces peu diversifiées et remaniements absents,

— enfin, dans quelques horizons intercalés entre les évaporites, on peut trouver des associations de nannofossiles très riches et très diversifiées, sans traces de remaniements (Zakynthos). Ceci indique une incursion marine franche.

En ce qui concerne les foraminifères benthiques, on peut noter dans les milieux actuels de faible profondeur, hyper ou hyposalins, des agglutinants, des miliolidés, des Cribrononion. Ces groupes sont rarement observés au voisinage des gypses du Miocène supérieur de Méditerranée.

Les Rosalines, observées au site 376, sont connues dans les herbiers actuels de Méditerranée (Blanc-Vernet, 1969).

Les *Ammonia* et *Cyprideis* sont des formes très résistantes, pouvant survivre en milieux hyper ou hyposalins.

Les petites Bolivines retrouvées en différents points de Méditerranée au voisinage des évaporites ne montrent généralement pas d'ornementation, ce qui, pour la plupart des auteurs, indique des eaux peu profondes. La réduction de taille et d'ornementation peut indiquer également des milieux hyper ou hyposalins. Une observation de Boltovskoy (1977) indique que le genre *Bolivina* est particulièrement résistant à des milieux pauvres en oxygène. Des études faites le long des côtes nord et ouest de l'Amérique du Sud

ont montré des zones à faible teneur en oxygène (0,14 à 0,38 ml/l) et une diminution correspondante de la diversité des organismes. Les agglutinants ne sont plus représentés et les espèces calcaires sont dominées par les genres *Bolivina*, *Suggrundina* et *Brizalina*, de petite taille et à ornementation peu développée. Il est possible d'établir une comparaison entre ces types de sédiments et ceux de Méditerranée au Miocène supérieur.

En Espagne méridionale, l'abondance des organismes siliceux peut être en relation avec le volcanisme. Par contre, la présence de radiolaires, spicules et diatomées dans un échantillon du forage 374 et dans les évaporites de Chypre ne semble pas pouvoir être expliquée actuellement.

Les remaniements et turbidites sont probablement en relation avec une tectonique active à cette période, surtout en Méditerranée orientale, avec importantes phases d'érosion.

L'acmé à *Sphaeroidinellopsis* est surtout connue en Méditerranée orientale. Au voisinage de Gibraltar, elle n'a pas été observée. Le genre *Sphaeroïdinellopsis* indiquant, par comparaison avec le genre actuel *Sphaeroïdinella*, des profondeurs d'eaux marines d'au moins 300 mètres (Bé, 1965), l'absence de foraminifères benthiques ou de *Globorotalia* méso ou bathypélagiques est difficilement explicable. Si ces sédiments s'étaient déposés en eaux profondes, on pourrait s'attendre à y observer également des foraminifères benthiques de grande profondeur, ce qui n'est pas le cas ici.

Tout se passe comme si, seules, certaines espèces très résistantes, avaient persisté en Méditerranée, pendant la crise de salinité messinienne. Grâce à l'amélioration des communications avec la mer ouverte, quelques espèces pélagiques auraient repeuplé les bassins. Les foraminifères benthiques adaptés à des conditions normales de salinité et d'oxygénation sont présents seulement lorsque le rétablissement des courants s'établit avec l'approfondissement des bassins. Les observations faites au cours du leg 42 A concernant les Ostracodes psychrosphériques ne contredisent pas cette hypothèse. On les observe, en Méditerranée orientale (site 376) avec la zone à *G. margaritae* et non dans l'acmé zone à *Sphaeroidinellopsis* sous-jacente. Les mêmes observations ont été faites par Benson au site 134 (leg 13). Par contre, c'est seulement au Pliocène moyen (site 372) qu'ils ont été recueillis en Méditerranée occidentale.

Conclusion

Cette brève revue montre que bien des problèmes sont encore à résoudre concernant les dépôts du Messinien en Méditerranée. Les données du leg 42 A n'ont pas apporté de résultats significatifs concernant les modes de dépôts des sédiments préévaporitiques et l'âge précis des premières évaporites. A terre, les microfaunes recueillies indiquent généralement des dépôts en eaux peu profondes.

Pendant la période où se déposaient les évaporites messiniennes, la possibilité de communications avec la mer ouverte ne peut être exclue pour plusieurs bassins de Méditerranée occidentale, où il n'existe pas de couches de gypses (Véra, Espagne, Boudinar, Maroc). Pour d'autres bassins, l'examen des microfaunes indique, à terre comme en mer, des biotopes très variés, de milieux confinés et de faible profondeur.

En Méditerranée orientale, une érosion active, probablement en liaison avec des mou-

vements tectoniques, pourrait expliquer les dépôts de gypses bréchiques et les remaniements abondants de microfaunes.

La diversité des faciès des dépôts post-évaporitiques indique, à cette période, une paléogéographie très complexe et *particulière à chaque bassin*. Les biotopes de mer ouverte, qui ne sont peut-être pas synchrones dans tous les bassins, s'établissent progressivement et non pas, sans doute, de manière catastrophique, après la crise de salinité.

Enfin, on notera que l'absence de foraminifères benthiques et d'ostracodes dans les sédiments du Pliocène le plus inférieur (site 376, Chypre) pourrait être attribuée à des fonds mal oxygénés et dépourvus de courants.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Baroz, F., et G. Bizon, 1977. — La couverture tertiaire du flanc Nord du massif de Troodos et de la partie méridionale de la Mesaoria : Étude stratigraphique et micropaléontologique. *Revue I.F.P. Sous presse.*

Berggren, W. A., et R. Z. Poore, 1975. — Late Cenozoic planktonic foraminiferal biostratigraphy and paleoclimatology of Hatton-Rockall Basin : DSDP Site 116. *Journ. Foram. Res.*, **5** (4) : 270-294.

Best, G., et C. Müller, 1972. — Nannoplankton-Lagen im Unter-Miozän von Frankfurt am Main. *Senckenberg. leth.*, **53** (112) : 103-117.

Bizon, G. et J. J., et A. Mauffret, 1975. — Présence de Miocène terminal et de Pliocène inférieur au large de Minorque (Baléares, Espagne). *Revue I.F.P.*, **30** (5) : 713-727.

Bizon, G. et J. J., et C. Montenat, 1972. — Le Miocène terminal dans le Levant espagnol (provinces d'Alicante et de Murcie). *Revue I.F.P.*, **27** (6) : 831-862.

Bizon, G. et J. J., et C. Montenat, 1975. — Définition biostratigraphique du Messinien. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, **281** : 359-362.

Blanc-Vernet, L., 1969. — Contribution à l'étude des foraminifères de Méditerranée. Station marine d'Endoume, p. 1-251.

Boltovskoy, E., et R. Wright 1976. — Recent Foraminifera. W. Junk ed. La Haye, 515 p.

Bukry, D., S. A. Uling, M. K. Horn, et F. T. Manheim, 1970. — Geological significance of coccoliths in fine-grained carbonate bands of postglacial Black Sea sediments. *Nature*, **226** (5241) : 156-158.

Busson, G., et D. Noël, 1972. — Sur la constitution et la genèse de divers sédiments finement feuilletés (« laminites ») à alternances de calcaire et de matière organique ou argileuse. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, **274** : 3172-3175.

Doebl, F., C. Müller, M. Schuler, C. Sittler, et H. Weiler, 1976. — Les marnes à foraminifères et les schistes à poissons de Bremmelbach (Bas-Rhin). Étude sédimentologique et micropaléontologique. Reconstitution du milieu au début du Rupélien dans le fossé rhénan. *Bull. Sci. Geol.*, **29** (4).

Fabricius, F. M., et W. Hieke, 1977 — Neogene to Quaternary development of the Ionian Basin (Mediterranean). Consideration based on « a dynamic shallow basin model » of the Messinian salinity event. Split Conference, Yougoslavie, Technip ed., Paris.

Fleisher, R. L., 1974. — Preliminary report on late Neogene Red Sea Foraminifera. *D.S.D.P* Leg 23 B, **26** : 985-1011.

Guillemin, M., 1976. — Les formations néogènes et quaternaires des régions de Mellila-Nador et leurs déformations (Maroc nord-oriental). Thèse 3e cycle, Orléans, 220 p.

GVIRTZMAN, G., et B. BUCHBINDER, 1977. — The dessication events in the East Mediterranean. Split Conference, Yougoslavie, Technip ed., p. 411-420.

HOUZAY, J. P., 1975. — Géologie du bassin de Boudinar, Rif oriental, Maroc. Thèse 3e cycle, Paris VI, 227 p.

HSU, K. J., et L. MONTADERT *et al.*, 1977. — Initial reports of the Deep Sea Drilling Project, vol. 42 A, Washington D.C. (U.S. Governmt Print. office). *Sous presse.*

MONTENAT, C., 1973. — Les formations néogènes et quaternaires du Levant espagnol (provinces d'Alicante et de Murcia). Thèse Université d'Orsay, Paris Sud, 1170 p.

MONTENAT, C., et G. et J. J. BIZON, 1975. — Remarques sur le Néogène du forage Joides 121 en mer d'Alboran (Méditerranée occidentale). *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7, **17** : 45-51.

MONTENAT, C., et G. et J. J. BIZON, C. MÜLLER *et al.*, 1976. — Continuité ou discontinuité de sédimentation marine Mio-Pliocène en Méditerranée occidentale. *Revue I.F.P.*, **31** (4) : 613-663.

MÜLLER, C., 1977. — Neogene calcareous nannofossils from the Mediterranean, Leg 42 A. *In* : HSU, K. J., et L. MONTADERT, Initial Reports of the D.S.D.P., Leg 42 A. *Sous presse.*

MÜLLER, G., et R. BLASCHKE, 1969*a*. — Zur Entstehung des Posidonienschiefers (Lias). *Naturwissenschaften*, **56** : 635.

MÜLLER, G., et R. BLASCHKE, 1969*b*. — Zur Entstehung des Tiefsee — Kalkschlammen im Schwarzen Meer. *Naturwissenschaften*, **56** : 561-562.

MÜLLER, G., et R. BLASCHKE, 1971. — Coccolithes : important rock-forming elements in bituminous shales of central Europe. *Sedimentology*, **17** : 119-124.

NOËL, D., 1972. — Nannofossiles calcaires de sédiments jurassiques finement laminés. *Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris*, 3e sér., nº 75, : 95-154.

ROUCHY, J. M., 1976*a*. — Mise en évidence de nannoplancton calcaire dans certains types de gypse finement lité (balatino) du Miocène terminal de Sicile et conséquence sur la genèse des évaporites méditerranéennes de cet âge. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, **232** : 13-16.

— 1976*b*. — Sur la genèse de deux principaux types de gypse (finement lité et en chevrons) du Miocène terminal de Sicile et d'Espagne méridionale. *Rev. Géogr. phys. Géol. dyn.* (2), **18** (4) : 347-364.

RYAN, W. B. F., et J. K. HSU *et al.* — Initial reports of the Deep Sea Drilling Project, vol. 13, Washington D.C. (U.S. Govt. Print. Office).

SCHRADER, H. J., et R. GERSONDE, 1976. — Ecological significance of the diatom assemblage recorded in the Messinien deep-sea record (D.S.D.P., Legs 13 et 42 A). *In* : CITA *et al.*, Messinian Seminar, nº 2, Gargano.

THIEDE, J., et T. VAN ANDEL, 1977. — The paleoenvironment of anareobic sediments in the late Mesozoic South Atlantic Ocean. *Earth Planet. Sc. Letters*, **33** : 301-309.

Manuscrit déposé le 8 décembre 1977.

Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris, 3e sér., nº 518, sept.-oct. 1978
Sciences de la Terre 70 : 137-148.

Signification bathymétrique, paléoclimatique et paléogéographique de l'ichthyofaune marine du Miocène terminal de la Méditerranée occidentale. Remarques préliminaires

par Jean GAUDANT *

Résumé. — L'examen des données paléontologiques et néontologiques relatives à l'ichthyofaune méditerranéenne conduit à formuler trois observations principales concernant l'interprétation des événements géologiques survenus durant le Messinien :

— La répartition bathymétrique des Myctophidae actuels étant principalement comprise entre — 600 m et la surface, leur présence ne peut caractériser des dépôts bathypélagiques mais tout au plus infrapélagiques (ou plus probablement mésopélagiques).

— La crise de la salinité ne paraît pas avoir été la cause directe des hécatombes répétées de Poissons marins pendant le Messinien.

— L'ichthyofaune méditerranéenne actuelle étant la descendante directe de la faune paléoméditerranéenne, la Méditerranée doit donc être probablement considérée comme une donnée constante de la paléogéographie durant la fin de l'ère tertiaire.

Abstract. — The examination of palaeontological and neontological data concerning the Mediterranean fish faunas leads one to make three major remarks relative to the geological events of the Messinian period :

— The bathymetrical distribution of recent Myctophids being mainly restricted between — 600 m and the sea-level, the occurrence of these Fishes may not characterize bathypelagical deposits but at the most infrapelagical ones (or more probably mesopelagical ones).

— The Messinian salinity crisis does not seem to have been the direct cause of repeated mass-mortality of marine Fishes.

— The recent mediterranean Fish fauna being the direct descendent of the palaeomediterranean one, the Mediterranean sea should be considered as a significant palaeogeographical characteristic by its constant presence during the late Cenozoic period.

C'est à l'occasion de sa « Révision des Poissons fossiles de Licata (Sicile) » que C. ARAMBOURG suggéra pour la première fois l'idée d'une *faune paléoméditerranéenne* présentant une ressemblance accusée avec l'ichthyofaune actuelle de la Méditerranée. Ce concept, C. ARAMBOURG allait le reprendre et l'approfondir à plusieurs reprises (1927, 1943, 1965). Or, il s'agit d'une notion qui présente une importance fondamentale en raison de l'intérêt suscité depuis quelques années par l'interprétation des événements géologiques survenus pendant l'épisode messinien.

* *17, rue du Docteur Magnan, 75013 Paris.*
Le présent texte a été déposé après la réunion sur le Messinien organisée les 16 et 17 mai 1977, au Laboratoire de Géologie du Muséum, à l'initiative de la RCP 459, « Genèse et nature des faciès confinés ». (Responsable Georges BUSSON, Sous-Directeur de Laboratoire.)

En Méditerranée occidentale, l'ichthyofaune des tripolis messiniens a été jusqu'à présent décrite ou signalée dans huit gisements principaux : Licata, Racalmuto et Bessima (Sicile), Gabbro (Toscane), Senigallia (Marche), Mondaino (Romagne), Pecetto di Valenza (Piémont), Columbares (Levant espagnol) et Oran (Algérie). Cette large répartition permet de juger du caractère général du dépôt des tripolis messiniens. Or, l'un des traits communs à tous les gisements de Poissons cités précédemment est la présence en proportions variables de Téléostéens appartenant à la famille des Myctophidae, ce qui incita les auteurs à considérer plusieurs de ces gisements (notamment Licata, Senigallia, Columbares et Oran [Gambetta]) comme des dépôts bathypélagiques.

Compte tenu du poids considérable des arguments paléoichthyologiques utilisables pour analyser les événements messiniens, il nous a semblé utile de faire dès à présent le point des données relatives aux conditions bathymétriques et à la signification paléoclimatique et paléogéographique de l'ichthyofaune des tripolis.

I. Signification bathymétrique de l'ichthyofaune messinienne

1. **Interprétations paléontologiques**

Classiquement, l'interprétation bathymétrique de l'ichthyofaune des tripolis repose sur la répartition des espèces en trois grands domaines : les zones littorale, pélagique et bathyale, l'abondance relative de chaque espèce pouvant être prise en considération pour affiner l'analyse. Cette méthode a été appliquée par les auteurs au cas des divers gisements.

LICATA (Sicile) : A Licata, C. Arambourg (1925 : 83) dénombrait 473 individus franchement bathypélagiques, voire abyssaux, sur un total de 531. Dans ce nombre, la famille des Myctophidae représentée par les genres *Lampanyctus* et *Diaphus* constituait à elle seule 83,5 % des formes bathypélagiques. L'auteur admettait donc que « le dépôt de tripoli s'est effectué dans une mer assez profonde », signalant toutefois que « la présence de quelques rares individus appartenant à la zone néritique indique que la côte ne devait pas être très éloignée », ce qui le conduisait à admettre que la mer des tripolis était réduite à quelques chenaux étroits où se déposaient les diatomites.

RACALMUTO (Sicile) : A Racalmuto, gisement situé à une quinzaine de km au nord-est d'Agrigento, c'est-à-dire à 35 km environ au nord-ouest de Licata, G. d'Erasmo (1928) a signalé la présence dans les diatomites du Monte Cimicia, de squelettes de Poissons plus ou moins désarticulés et incomplets évoquant une sédimentation le long d'une côte plutôt basse, relativement proche du continent, cette proximité étant suggérée par la présence, dans les diatomites, de fragments de lignite, de feuilles rarissimes de plantes terrestres et même de larves aquatiques d'Insectes attribuées au genre *Libellula*.

L'ichthyofaune décrite par G. d'Erasmo à Racalmuto se compose presque exclusivement de Myctophidae et notamment des genres *Lampanyctus* et *Diaphus*, auxquels il faut ajouter un unique exemplaire de *Gonostoma*, ainsi qu'un fragment rapporté avec doute au genre *Alosa*. Afin de rendre compatibles les données ichthyologiques avec les observations faites sur le terrain, l'auteur était contraint de minimiser la signification bathy-

métrique alors généralement admise des Myctophidae en soulignant l'importance des migrations nycthémérales susceptibles d'expliquer l'apparente contradiction constatée entre arguments de terrain et composition faunique.

BESSIMA (Sicile) : En Sicile, une troisième ichthyofaune a été décrite par A. Leonardi (1959) à Bessima, à une cinquantaine de kilomètres à l'est de Racalmuto et au nord-est de Licata. L'auteur a identifié onze genres représentés par un total de cent trente-deux individus. Trois genres connus par seulement six spécimens caractériseraient la zone néritique. Trois autres genres (vingt individus) indiqueraient soit la zone pélagique soit la zone néritique alors que cent vingt fossiles appartenant pour l'essentiel à la famille des Myctophidae seraient représentatifs de la zone bathyale. L'auteur en déduit ainsi (1959 : 166) que cette ichthyofaune « présente les caractères d'un milieu bathypélagique ». D'après lui, la sédimentation diatomitique « s'est effectuée dans une mer suffisamment profonde, la présence de formes néritiques indiquant que la côte ne devait pas être lointaine ».

GABBRO (Toscane) : Distant de Livourne d'une quinzaine de kilomètres, le gisement de Gabbro est situé au sud-est de cette ville, sur le flanc occidental du bassin du fleuve Fine. Son ichthyofaune a été décrite de façon détaillée par G. d'Erasmo (1930*b*) qui concluait son étude en estimant que 75 % d'espèces appartiennent à la zone néritique, le reste se composant d'éléments pélagiques et abyssaux. Le cachet néritique de cette faune est notamment affirmé par l'abondance des Clupeidae, Gobiidae et Soleidae et par la présence de Syngnathidae et de Sparidae, indiquant un dépôt à proximité des côtes, cette interprétation étant confirmée par l'existence dans le sédiment de nombreux débris ligniteux et de restes d'Insectes, et par la prédominance des Diatomées littorales. Pour l'auteur, la profondeur de la mer ne devait probablement pas être supérieure à une centaine de mètres aux environs de Livourne.

SENIGALLIA (Marche) : Ce gisement situé à 25 km au nord-ouest d'Ancône a également fait l'objet d'une étude par G. d'Erasmo (1930*a*). Dans les tripolis, l'auteur distingue dix-huit espèces distribuées en huit genres. La famille des Myctophidae, considérée comme constituée de formes adaptées à la vie bathyale, est la plus abondante. En revanche, les Poissons caractéristiques de la zone littorale sont très rares (Syngnathidae). L'auteur concluait donc en considérant que la sédimentation du tripoli s'était effectuée « dans une mer non excessivement et non également profonde ».

MONDAINO (Romagne) : Il est difficile de tirer un enseignement de l'ichthyofaune de ce gisement situé à 25 km environ au sud-sud-est de Rimini. Cette faune a en effet été seulement décrite par I. Bonomi (1898) puis réinterprétée par C. Arambourg (1925, tabl. IV) d'après les descriptions et les figures originales. On peut y remarquer l'abondance relative des formes considérées comme bathypélagiques (Myctophidae et Sulidae principalement).

PECETTO DI VALENZA (Piémont) : Il s'agit d'un gisement découvert récemment à l'extrémité orientale du Monferrato, à une dizaine de kilomètres au nord-est d'Alessandria, et qui a fait l'objet d'une analyse par C. Sturani et M. Sampó (1973).

Se fondant sur un examen global de la faune (Spongiaires, Foraminifères et Poissons), les auteurs admettent (1973 : 345) que le dépôt des diatomites s'est produit « dans la zone bathyale supérieure, entre 200 et 400 ou 500 mètres de profondeur ». Cette opinion se fonde notamment sur les données déduites de la présence de Myctophidae qui, d'après

E. Tortonese (1970) vivent durant la journée à une profondeur de 200 à 600 mètres.

COLUMBARES (Levant Espagnol) : Seule une brève étude préliminaire (C. Arambourg et C. Montenat, 1968) permet de se faire une idée des conditions de dépôt des diatomites affleurant à une dizaine de kilomètres au sud-est de Murcie. Les auteurs y signalent une prédominance des formes qualifiées de bathypélagiques (Myctophidae et Sudidae) auxquelles s'ajoutent des Clupeidae.

ORAN, SIG et *SIDI BRAHIM* (Algérie) : Dans son mémoire sur « Les Poissons fossiles d'Oran », C. Arambourg (1927) apporta des précisions nouvelles pour la connaissance de la faune ichthyologique des tripolis, notamment grâce à la description de matériaux provenant de cinq gisements situés respectivement à Oran (Raz-el-Aïn, Les Planteurs et Ravin Blanc-Gambetta), à Sig (45 km au sud-est d'Oran) et à Sidi Brahim (à une dizaine de kilomètres à l'est de Mostaganem). Il remarqua alors que les divers gisements étaient caractérisés par des faunes ayant des caractéristiques bathymétriques différentes.

Ainsi, le gisement de Raz-el-Aïn (le plus riche d'Oranie), situé à proximité de l'ancien rivage, puisque reposant en discordance sur l'Oxfordien du Djebel Murdjadjo, comprend quarante-neuf espèces qualifiées de littorales ou côtières (76,5 % de la faune), six formes pélagiques et neuf espèces bathyales ou bathypélagiques.

Le gisement des Planteurs, dont le contexte géologique est assez comparable à celui de Raz-el-Aïn, est caractérisé par l'abondance des formes pélagiques (56 % des espèces et 70 % des individus) et par la présence — inhabituelle dans les tripolis — de restes de Sélaciens.

A Ravin Blanc (Gambetta), la faune, beaucoup moins riche et moins variée, comprend neuf espèces : trois néritiques, trois pélagiques et trois bathypélagiques, l'une de ces dernières représentant à elle seule « plus des trois quarts de la masse totale des Poissons recueillis ». C. Arambourg notait à ce sujet que ce résultat était conforme aux données géologiques, le gisement de Ravin Blanc étant éloigné de plusieurs kilomètres de l'ancien rivage messinien.

Situé près du littoral méridional de l'ancien golfe messinien, le gisement de Sig est caractérisé par l'abondance des espèces néritiques (12 sur un total de 23), auxquelles s'ajoutent six formes bathypélagiques et cinq pélagiques.

A Sidi Brahim, enfin, sur six espèces, cinq sont bathyales ou bathypélagiques, ce qui se justifie par le fait que ce gisement est de tous le plus éloigné du rivage fossile.

La comparaison entre les différentes ichthyofaunes conduisait C. Arambourg à admettre que « les dépôts de tripolis sont indépendants des conditions bathymétriques dans lesquelles ils se sont formés ». Pour lui, certains tripolis (tels que ceux de Raz-el-Aïn et de Sig) se seraient déposés « sous une faible épaisseur d'eau » tandis que d'autres (Gambetta et Sidi Brahim) indiqueraient « une formation d'eau profonde ».

On peut toutefois s'étonner de voir les conditions de dépôt varier si rapidement dans l'espace que l'auteur était obligé d'admettre pour le golfe messinien du Chélif un profil transversal comparable à celui d'un fjord, le plateau continental étant réduit à quelques kilomètres au maximum. Cette interprétation permettait d'expliquer le mélange en proportions variables, dans les différents gisements d'Oranie, de Poissons caractérisant des zones écologiques différentes, comme c'est encore le cas de nos jours dans le détroit de Messine où se mêlent espèces néritiques et bathyales. Sur le plan géologique, cela revenait

à admettre que la transgression messinienne avait affecté une région au relief si tourmenté qu'à quelques kilomètres du rivage la profondeur de la mer atteignait déjà plusieurs centaines de mètres.

2. Données néontologiques

Comme on a pu en juger précédemment en passant en revue les diverses interprétations paléontologiques des ichthyofaunes messiniennes, l'argument principal utilisé par les paléontologistes pour définir les caractères bathymétriques des différents gisements des tripolis fut de façon constante l'abondance relative des Myctophidae. Ce groupe était en effet considéré par les auteurs comme typiquement bathypélagique, probablement en raison de la possession d'organes lumineux ou photophores. Il importait donc de vérifier les données relatives à l'éthologie de ces Poissons. Pour ce faire, nous avons cherché à rassembler les informations disponibles relatives aux espèces actuelles considérées par C. Arambourg (1925, 1927) comme très voisines des formes fossiles des tripolis, ceci sous réserve que ces affinités se trouvent vérifiées lors d'une révision future de la faune messinienne. C. Arambourg suggérait ainsi les rapprochements suivants :

Espèces fossiles	Espèces actuelles
Myctophum columnae Sauvage	*Myctophum laternatum* Garman
Myctophum dorsale Sauvage	*Myctophum laternatum* Garman
Myctophum probenoiti Arambourg	*Myctophum benoiti* Cocco
Myctophum (*Lampanyctus*) *ecnomi* Sauvage	*Myctophum elongatum* (Costa)
Myctophum (*Lampanyctus*) *licatae* Sauvage	*Lampanyctus alatum* Goode & Bean
Myctophum (*Diaphus*) *sauvagei* Arambourg	*Myctophum* (*Diaphus*) *dofleini* Zugmayer

A la lumière de travaux récents, les Myctophidae sont actuellement considérés comme des Poissons « mésopélagiques » dont la répartition se situe principalement entre 200 et 600 mètres de profondeur. D'après P. Geistdoerfer (1973), ils sont bien représentés dans toutes les mers du globe, entre la surface et — 2 000 mètres mais se raréfient quand la profondeur s'accroît. Ces Poissons se nourrissent essentiellement aux dépens du zooplancton, capturé au cours de leurs migrations nycthémérales. Parmi les Myctophidae, K. Kawaguchi (1969) distingue deux groupes principaux :

— certains (*Myctophum*, *Hygophum*, etc.) montent la nuit dans les dix mètres les plus superficiels et vivent pendant le jour entre — 200 et — 400 mètres ;

— d'autres (*Diaphus*, *Lampanyctus*, etc.) ne remontent la nuit qu'entre 20 et 100 mètres de profondeur.

L'étude des migrations nycthémérales a été réalisée avec précision pour l'espèce *Lampanyctus mexicanus* dans la partie méridionale du golfe de Californie. D'après A. A. Holton (1969), ces Poissons sont abondants pendant le jour entre 600 et 700 mètres de profondeur tandis qu'au milieu de la nuit ils peuvent être recueillis entre 100 et 250 mètres de profondeur.

Dans le cas d'espèces actuelles voisines d'espèces messiniennes, les précisions suivantes ont été recueillies :

— *Diogenichthys atlanticus* Tåning (= *Myctophum laternatum* Garman) a été étudiée par J. R. Paxton (1967 : 431) dans le bassin de San Pedro (Californie). Cette espèce « paraît avoir son centre de distribution diurne au-dessus de 650 mètres et migre régulièrement dans les 10 mètres supérieurs la nuit ». Cette même espèce est considérée par N. V. Parin (1968) comme rare dans la zone épipélagique (0 à — 50 mètres) et commune en profondeur. Dans le golfe de Guinée, J. Blache et A. Stauch (1964) signalent également des captures de *Diogenichthys atlanticus* avec des câbles ayant jusqu'à 1 300 mètres de longueur, ce qui correspond probablement à des profondeurs maximales de 400 à 500 mètres.

— *Hygophum benoiti* (Cocco) (= *Myctophum benoiti*) est signalée par V. E. Becker (1965) comme largement répandue en Méditerranée, en mer Égée et en mer de Marmara. Cette espèce a été également pêchée dans l'Atlantique Nord avec des câbles de 100 à 3 000 mètres (c'est-à-dire à des profondeurs pouvant dépasser 1 000 mètres).

En revanche, cette même espèce a été découverte récemment échouée sur la côte des Pays-Bas (H. Nijssen, 1972). Ce fait n'est pas pour surprendre puisque M. Torchio (1962) a récolté également des Myctophidae (*Myctophum punctatum* et *Lampanyctus maderensis*) sur les plages de la Riviera italienne.

Pour sa part, B. G. Nafpaktitis (1968 : 103) indique la capture exceptionnellement fréquente de *Diaphus garmani* et de *D. dumerili* en surface, la nuit, à proximité des ports ou sur l'étroit plateau ceinturant les îles de l'Atlantique Nord.

L'ensemble des faits précédents conduit donc à admettre que la signification bathymétrique des Myctophidae est particulièrement difficile à définir en raison des migrations qu'ils accomplissent. Il est toutefois établi que leur distribution actuelle est liée à la proximité de fonds marins atteignant plusieurs centaines de mètres. Ceci permet donc de penser que, durant le dépôt des tripolis messiniens, la profondeur de la Méditerranée pouvait être comparable à ce qu'elle est actuellement. Ceci n'implique certes pas que les tripolis se soient déposés dans des conditions bathyales. Rien n'interdit de penser, en effet, que leurs migrations nycthémérales puissent conduire les Myctophidae au-dessus d'un plateau continental de largeur réduite puisqu'on les capture parfois à proximité du littoral. Cette interprétation a pour elle de s'accorder assez bien avec les données écologiques relatives aux Diatomées marines. Ainsi, J. M. Pérès et L. Devèze (1963 : 147) notent que la majorité d'entre elles n'est pas planctonique mais benthique littorale.

II. Caractéristiques paléoclimatiques de l'ichthyofaune messinienne

La signification paléoclimatique de l'ichthyofaune messinienne a été principalement étudiée par C. Arambourg (1925, tabl. IV ; 1927, tabl. V) dans ses monographies des gisements de Licata et d'Oranie. Il ressort clairement de ces deux études que des conditions subtropicales devaient prévaloir en Méditerranée durant le Messinien. En effet, d'après C. Arambourg (1925 : 89), « aucun des genres qui constituent (la faune de Licata) n'est exclusivement localisé aux mers les plus chaudes et plus de la moitié se rencontrent jusque dans les mers tempérées et même froides ». Précisant son analyse, le même auteur écrivait (1927 : 253) que, sur soixante-sept genres représentés dans la faune d'Oranie, « 2 ou 3 au

plus sont presque exclusifs aux mers tropicales et subtropicales ; 26 sont représentés à la fois dans les mers tropicales, subtropicales et tempérées ; 28 dans les mers tropicales et subtropicales ; 9 ne se rencontrent que dans les régions subtropicales, tempérées ou froides ; 1 est spécial aux mers froides » (les deux derniers genres sont exclusivement fossiles).

Les conclusions obtenues par C. Arambourg ont ensuite été confirmées par G. d'Erasmo (1930*b*) pour la faune de Gabbro (Toscane) puis par A. Leonardi (1959) pour celle de Bessima (Sicile). Le premier auteur précisait même que la température de la mer messinienne n'était pas inférieure à 20°C.

Récemment, C. Sturani et M. Sampó (1973) cherchèrent à affiner leur estimation concernant la signification paléoclimatique de l'ichthyofaune de Pecetto di Valenza (Piémont). Se fondant sur l'absence dans ce gisement de certaines formes tropicales ou subtropicales connues dans le Messinien d'Oranie, ils supposèrent que cette différence était explicable par la différence de latitude entre le Piémont et l'Algérie, de même qu'on peut actuellement observer la présence de certains Poissons tropicaux dans la seule partie méridionale du bassin méditerranéen. Cette opinion ne doit cependant pas être acceptée sans réserves car elle est fondée sur une comparaison entre un gisement renfermant seulement une dizaine d'espèces (Pecetto di Valenza) et l'ensemble des gisements d'Oranie, riche de quatre-vingt-onze espèces.

III. Intérêt paléogéographique de l'ichthyofaune messinienne

1. Le concept de « faune paléoméditerranéenne »

Soulignant le caractère méditerranéen incontestable de la faune messinienne de Licata, C. Arambourg (1925 : 90-91) désignait cette dernière sous le nom de « faune paléoméditerranéenne ». Il remarquait également qu'outre les espèces actuelles ou voisines des formes actuelles de la Méditerranée, cette faune se composait d'espèces à affinités atlantiques, pacifiques (principalement mer du Japon et Nouvelle-Zélande) et indiennes. En outre, certaines espèces messiniennes comme *Etrumeus boulei* (Clupeidae) constituent un jalon géographique entre les aires de répartition disjointes des espèces actuelles du même genre.

Dans son mémoire sur les Poissons d'Oranie, C. Arambourg (1927 : 256-257) affinait son estimation en précisant que sur soixante et un genres messiniens encore vivants, quarante-neuf soit 80 % sont actuellement représentés en Méditerranée, un grand nombre de leurs espèces préfigurant des espèces actuelles de la Méditerranée ou des parties voisines de l'océan Atlantique, tandis que certains genres connus au Messinien ont une répartition actuelle typiquement méditerranéenne. Traçant le tableau d'ensemble de la faune messinienne d'Oranie, C. Arambourg (1927 : 257) y reconnaissait :

— 57,3 % d'espèces affines d'espèces actuelles à répartition méditerranéo-mauritanienne (plusieurs d'entre elles étant en outre connues dans la région indo-pacifique) ;

— 16 % d'espèces à affinités indo-pacifiques ;

— 10,7 % d'espèces apparentées aux formes atlantico-américaines ;

— 1,3 % d'espèces de type nord-atlantique ;

— 14,7 % d'espèces cosmopolites.

L'auteur pouvait donc à juste titre définir l'ichthyofaune messinienne comme « une faune subactuelle à caractère méditerranéen dominant que l'on peut désigner sous le nom de *Faune Paléoméditerranéenne* ».

2. La bipolarité des faunes eurasiatiques

La notion de « bipolarité des faunes eurasiatiques » due à L. Roule (1922) repose sur la présence d'espèces actuelles identiques ou affines en Méditerranée (et dans la province atlantique ibéro-mauritanienne), aux Antilles et dans la mer du Japon. Ainsi, comme l'a montré D. S. Jordan (1905), la Méditerranée et la mer du Japon ont en commun soixante-dix-neuf genres dont deux leur sont propres ; la Méditerranée et les Antilles ont en commun soixante-dix genres dont onze spéciaux à l'Atlantique équatorial ; la Méditerranée et la mer Rouge ont seulement quarante genres en commun.

Ces faits s'interprètent aisément à la lumière des connaissances apportées par l'étude de la « faune paléoméditerranéenne » car la faible similitude des faunes de la Méditerranée et de la mer Rouge interdit de considérer cette dernière comme une voie d'échanges fauniques entre la mer du Japon et la Méditerranée. Le sillon mésogéen, peuplé par la « faune paléoméditerranéenne, paraît avoir été ainsi le seul trait d'union possible entre l'Extrême-Orient et la Méditerranée. C'est donc l'oblitération au Miocène de la partie asiatique du géosynclinal téthysien qui contribua par la suite à empêcher toute relation entre les deux extrémités de la province faunique mésogéenne et détermina de ce fait la « bipolarité » observable actuellement. Ceci prouve donc que « la faune actuelle de la Méditerranée dérive *directement* de la Faune paléoméditerranéenne » par extinction de certains éléments, évolution sur place de certains autres et par immigration de formes allochtones dont certaines ont vraisemblablement une origine septentrionale. Dans ces conditions, force est d'admettre que les formes à affinités indo-pacifiques qui subsistent actuellement en Méditerranée représentent des « relictes de la Faune Paléoméditerranéenne ».

Le rôle fondamental joué par la faune paléoméditerranéenne dans l'origine de la faune méditerranéenne actuelle est par ailleurs souligné par le fait que 80 % des genres messiniens vivent encore en Méditerranée.

Conclusions

L'examen des données tirées de l'étude de l'ichthyofaune marine du Messinien et des conceptions actuelles relatives à l'éthologie des Myctophidae a donc permis de dégager plusieurs faits de première importance pour la compréhension des événements messiniens en Méditerranée occidentale.

1. Il convient tout d'abord de réévaluer l'argument bathymétrique fourni par les Myctophidae. Comme nous l'avons souligné précédemment, ces Poissons ne caractérisent pas, comme le croyait C. Arambourg, la zone bathypélagique mais réellement les zones méso- et infrapélagiques. Ceci tend donc à suggérer l'existence dans la mer messinienne de profondeurs importantes compatibles avec la biologie des Myctophidae, c'est-à-dire au moins égales à 600 mètres. On sait toutefois que ces Poissons remontent à proximité de

la surface durant la nuit et qu'ils se mêlent aux Poissons épipélagiques, pouvant même, lorsque le domaine néritique est étroit, s'aventurer sur le plateau continental où il arrive parfois qu'on les capture. L'association, fréquente dans les gisements de tripolis messiniens, de Myctophidae avec des Poissons qualifiés par les auteurs de pélagiques et de néritiques, s'explique donc de façon plus satisfaisante si l'on admet que leur destruction massive s'est produite au cours de la migration ascendante nocturne de leur cycle nycthéméral. Cette interprétation permet en outre de mettre en rapport la prolifération intense des Diatomées et la genèse des gisements de Poissons fossiles. Ceux-ci se seraient donc formés en bordure du plateau continental, cette zone étant propice à la vie des Diatomées benthiques dont nous avons vu qu'elles sont de loin les plus abondantes dans les mers actuelles. Aussi n'est-il pas étonnant d'observer dans certains gisements (Gabbro, Senigallia, Sidi Brahim) la superposition directe sur les couches marines de tripolis, des faciès régressifs saumâtres d'origine continentale, généralement formés de marnes gypsifères (« formazione gessoso-solfifera » des auteurs italiens). Pour qu'une telle succession ait été possible, force est d'admettre que l'abaissement du niveau marin n'a pas dû être considérable durant cet épisode régressif car, comme l'a noté C. Sturani (1973 : 254), « l'abaissement du niveau marin aurait automatiquement produit un abaissement du niveau de base de l'érosion », ce qui aurait rendu impossible le dépôt du Messinien supérieur continental dans lequel, outre des Poissons caractéristiques de milieux à salinité variable (Cyprinodontes notamment), sont également connues quelques espèces catadromes, ce qui implique la persistance de communications directes entre les lagunes saumâtres et la mer.

2. On tend souvent à interpréter les phénomènes de mortalité massive affectant l'ichthyofaune marine lors du dépôt des tripolis comme la conséquence directe de la crise de la salinité qui s'est traduite en Méditerranée par le dépôt d'énormes quantités d'évaporites durant le Messinien. Cette interprétation ne résiste pas à l'analyse. En effet, la formation des gisements fossilifères messiniens ne résulte certainement pas d'une catastrophe unique mais d'un cycle d'hécatombes répétées qu'on ne peut donc pas imputer à une élévation de la salinité, laquelle se serait manifestée comme un processus progressif et irréversible. Il ne serait donc pas surprenant qu'on ait ici affaire aux conséquences répétées d'une prolifération brusque de phytoplancton produite par certaines conditions physico-chimiques (*waterbloom* résultant éventuellement de remontées d'eaux marines profondes [*upwelling*] : M. Brongersma-Sanders, 1957). Ce phénomène a notamment été signalé par V. Zanon (1931) qui, après une période de pluie provoquant une réduction de la salinité de la partie supérieure des eaux du golfe de Trieste, a observé à la fin de l'été la formation d'une gelée visqueuse (*mare sporco*) produite par la multiplication rapide de Diatomées néritiques. Si, comme l'a noté C. Cori (1906), des Dinoflagellés peuvent également entrer dans la composition de ces gelées, les conditions propices au déclenchement d'un processus de mortalité massive seraient alors réunies. Il ne serait pas surprenant que ce type d'explication soit applicable au cas des gisements de Poissons des tripolis messiniens. Néanmoins, une révision du phytoplancton contenu dans les tripolis des divers gisements s'avère indispensable avant de pousser cette hypothèse plus avant.

3. A la suite de K. S. Hsü, W. B. F. Ryan et M. B. Cita (1973), certains auteurs admettent l'existence en Méditerranée d'un épisode d'assèchement total durant le Messinien. Force est de reconnaître que ce phénomène ne peut pas avoir présenté la signification générale qui lui est attribuée (à l'échelle de l'ensemble du bassin méditerranéen). En effet,

l'étroite parenté existant entre la faune paléoméditerranéenne et la faune actuelle de la Méditerranée s'oppose formellement à une telle interprétation. Si, comme l'a démontré C. Arambourg, la première doit être considérée comme l'ancêtre directe de la seconde, on voit mal comment cette filiation aurait pu s'opérer si l'ichthyofaune paléoméditerranéenne s'était trouvée détruite par un assèchement total du bassin méditerranéen ou par une élévation considérable de la salinité qui n'aurait pas manqué d'avoir des conséquences catastrophiques sur les espèces sténohalines. Si l'on considère que les communications de la Méditerranée avec la région indo-pacifique ont été interrompues durant le Miocène, la similitude constatée entre les ichthyofaunes de la Méditerranée et de la mer du Japon deviendrait pratiquement inexplicable dans l'hypothèse d'un épisode de dessiccation de la Méditerranée durant le Messinien. Comme nous l'avons vu, la composition faunique particulière de la mer Rouge ne permet pas, en effet, de la considérer comme une voie d'échanges possible entre la Méditerranée et l'Extrême-Orient.

Il n'est pas non plus possible d'admettre que la faune paléoméditerranéenne ait pu trouver refuge dans la Paratéthys car à cette époque l'évolution de ses différents bassins vers des conditions lagunaires était largement engagée.

En conclusion, l'hypothèse d'un épisode de dessiccation totale de la Méditerranée durant le Messinien et même d'une crise de la salinité, dont les effets se seraient fait sentir sur la totalité de la masse d'eau du bassin méditerranéen, ne paraît pas compatible avec les arguments paléoichthyologiques déduits des travaux consacrés à la faune des tripolis messiniens. Une révision de celle-ci paraît donc à présent indispensable afin d'affiner et de préciser les interprétations proposées ici.

Remerciements

Nous tenons à remercier très vivement M. G. Busson qui a suscité et encouragé la préparation de cette étude, ainsi que M. P. Geistdoerfer qui a orienté les recherches bibliographiques relatives à la biologie et à la distribution des Myctophidae actuels.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Arambourg, C., 1925. — Révision des Poissons fossiles de Licata (Sicile). *Annls Paléont.*, **14** : 39-96, 12 fig., 6 tabl., pl. I-X.

— 1927. — Les Poissons fossiles d'Oran. *Matér. Carte géol. Algér.*, 1re sér., Paléont., nº 6, 291 p., 49 fig., 7 tabl., 46 pl.

— 1943. — Les Poissons de la « faune paléoméditerranéenne ». *Bull. Soc. zool. Fr.*, **68** : 79-85, 2 fig.

— 1965. — Considérations nouvelles au sujet de la faune ichtyologique paléoméditerranéenne. *Senckenberg. leth.*, **46**a (Weiler-Festschr.) : 13-17, 1 fig.

Arambourg, C., et C. Montenat, 1968. — Le gisement de Poissons fossiles du Miocène supérieur de Columbares (Province de Murcia, Espagne). *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, (D), **266** : 1649-1651.

Becker, V. E., 1965. — Fishes of the Indian Ocean and the seas of Southeast Asia. Acad. Sci. of U.S.S.R., *Trudy Inst. Okeanol.*, **80** : 62-103. (Transl. Bureau of Commercial Fisheries, Ichthyological Laboratory, U.S. National Museum, Washington.)

Blache, J., et A. Stauch, 1964. — Contribution à la connaissance des Poissons de la famille des *Myctophidae* dans la partie orientale du Golfe de Guinée (*Teleostei, Clupeiformi, Myctophoidei*). 2e note. *Cahiers ORSTOM, Océanographie*, **2** (2) : 61-78.

Bonomi, I., 1898. — Contributo alla conoscenza della ittiofauna di Mondaino. *Riv. ital. Paleont.*, **2** : 199-239, pl. V.

Brongersma-Sanders, M., 1957. — Mass Mortality in the Sea. *Geol. Soc. America*, New York, Mem. 67 (Treatise on Marine Ecology and Palaeoecology), vol. 1 : 941-1010, 7 fig.

Cori, C. J., 1906. — Über die Meeresverschleimung im Golfe von Triest während des Sommers von 1905. *Archiv. Hydrobiol. Planktonk.*, Bd. I, : 383-391.

Erasmo, G., d', 1928. — L'ittiofauna fossile di Racalmuto. *G. Sci. nat. econ., Palermo*, **35** : 73-110, 1 pl.

— 1930*a*. — L'ittiofauna fossile di Senigallia. *Atti R. Accad. Sci. fis. mat., Napoli*, (2), **18** (1) : 88 p., 13 fig., pl. I-IV.

— 1930*b*. — L'ittiofauna fossile del Gabbro. *Atti R. Accad. Sci. fis. mat., Napoli*, (2), **18** (6) : 118 p., pl. I-IV.

Geistdoerfer, P., 1973. — L'alimentation des Poissons de profondeur. Sémin. Inst. Océanogr., Paris, 50 p. (*sous presse*).

Holton, A. A., 1969. — Feeding behavior of a vertically migrating Lanternfish. *Pacif. Sci.*, **23** (3) : 325-351, 5 fig.

Hsü, K. J., W. B. F. Ryan and M. B. Cita, 1973. — Late Miocene dessication of the Mediterranean. *Nature*, **242** : 240-244, 9 fig.

Jordan, D. S., 1905. — A guide to the study of Fishes. Vol. 1, 624 p., 393 fig., Henry Holt & Co, New York.

Kawaguchi, K., 1969. — Diurnal vertical migration of micronektonik Fish in the Western North Pacific. *Bull. Plankton. Soc. Japan*, **16** : 63-66.

Leonardi, A., 1959. — L'ittiofauna del « tripoli » del Miocene superiore di Bessima (Enna). *Palaeontogr. ital.*, **54** (N. S., 24) : 115-174. 4 fig., pl. IX-XIV.

Nafpaktitis, B. G., 1968. — Taxonomy and distribution of the Lantern fishes, genera *Lobianchia* and *Diaphus*, in the North Atlantic. *Dana Reports*, no 73, 131 p., 69 fig., 2 pl.

Nijssen, H., 1972. — A lantern-fish, *Hygophum benoiti* (Cocco, 1838), washed ashore in the Netherlands (*Pisces, Myctophoidei, Myctophidae*). *Bull. Zool. Mus. Amsterdam*, **2** (14) : 147-148.

Parin, N. V., 1968. — Ichthyofauna of the epipelagic zone. Akad. Nauk S.S.S.R., Inst. Okeanol, Moscou, Israel Program for Scientif. Transl., Jerusalem, 1970, 206 p., 56 fig., 14 tabl.

Paxton, J. R., 1967. — A distributional analysis for the lanternfishes (Fam. *Myctophidae*) of the San Pedro Basin, California. *Copeia*, **1967** : 422-440, 16 fig.

Pérès, J. M., et L. Devèze, 1963. — Océanographie biologique et Biologie marine. T. II : La Vie pélagique. Presses Univ. France, Paris, 514 p., 51 fig.

Roule, L., 1922. — Sur un genre de Poisson abyssal japonais très rare, nouvellement retrouvé dans l'Océan Atlantique Nord-Africain. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, **174** : 640-642.

Sturani, C., 1973. — A fossil eel (*Anguilla* sp.) from the Messinian of Alba (Tertiary Piedmontese Basin). Palaeoenvironmental and Palaeogeographic implications. *Kon. Nederl. Akad. Wetensch.*, Amsterdam (Messinian events in the Mediterranean) : 243-255, 4 fig.

Sturani, C., e M. Sampó, 1973. — Il Messiniano inferiore in facies diatomitica nel bacino terziario piemontese. *Memorie Soc. geol. ital.*, **12** : 335-358, 3 fig., 1 tabl., 2 pl.

Torchio, M., 1962. — Interesse eco-etologico dei pesci batifili spiaggiati lungo la costa ligure. *Pubbl. Staz. zool. Napoli*, **32**, Suppl. : 185-188.

Tortonese, E., 1970. — Osteichthyes (Pesci ossei), Parte prima. Fauna d'Italia, Edizioni Calderini, Bologna, **10** : 207-234.

Zanon, D. V., 1931. — Esame di un campione di « Mare sporeo » del Golfo di Fiume. *Memorie Pontif. Accad. Sc., Nuovi Lincei* (2), **15** : 449-528, 1 pl.

Manuscrit déposé le 8 décembre 1977.

Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris, 3e sér., nº 518, sept.-oct. 1978
Sciences de la Terre 70 : 149-155.

Évolution paléogéographique de l'avant-pays du Rif (Maroc) pendant le Miocène supérieur

par Hugues Feinberg *

Résumé. — Une meilleure connaissance de la chronologie de la phase tectonique paroxysmale du Rif externe, combinée avec l'analyse des dépôts miocènes supérieurs du Maroc septentrional permet de préciser l'évolution des communications entre l'Atlantique et la Méditerranée à la fin du Miocène : au passage serravallo-tortonien, et postérieurement à une importante phase de compression, la mer envahit l'avant-pays rifain depuis l'Atlantique jusqu'à la frontière algéro-marocaine. Au cours du Tortonien la partie orientale de l'avant-pays s'élève en entraînant la migration des communications marines dans un sillon intra-montagneux qui suit « l'accident » tectonique du Nekor. Cette communication paraît avoir subsisté pendant une partie du Messinien.

Abstract. — A better knowledge of the chronology of paroxysmal tectonic occurring in External Rif associated to the analysis of Upper Miocene deposits of Northern Morocco allows to define more accuratly the evolution of relations between Atlantic and Mediterranea at the end of Miocene : at the serravallo-tortonian limit, and after an important compressive phase, the see invaded the rifan foreland from Atlantic to algero-moroccan frontier. During Tortonian the eastern foreland raises up involving the migration of marine communications in a mountain pass which follows the tectonic "accident" of Nekor. This channel seems to have subsided during part of the Messinian.

Introduction

Les récentes données provenant de l'étude de la zone externe du Rif et de ses dépendances post-tectoniques mettent en évidence les rapports qui ont existé entre les phases ultimes de l'orogenèse rifaine et l'établissement d'un domaine confiné à l'emplacement de la Méditerranée durant le Messinien. Ces nouveaux éléments proviennent principalement de l'amélioration de la stratigraphie résultant de la mise au point d'une échelle biostratigraphique détaillée basée sur les Foraminifères planctoniques (H. Feinberg & H. G. Lorenz, 1970, 1973). Une précision chronologique accrue a en effet permis de caler les différents phénomènes tectoniques de la phase majeure qui affecte les zones externes de la chaîne et elle a aussi rendu possible la datation des formations néogènes dont l'âge n'était connu jusqu'à présent que d'une manière erronée ou imprécise.

L'exposé comprendra d'abord la définition très brève du cadre géographique, puis la description des échelles biostratigraphiques et celle des séries sédimentaires. Enfin, en tenant compte de la position des témoins sédimentaires qui ont pu être datés, je tenterai

* *Laboratoire de Micropaléontologie, Université Paris VI, 4, place Jussieu, 75005 Paris.*
Le présent texte a été déposé après la réunion sur le Messinien organisée, les 16 et 17 mai 1977, au Laboratoire de Géologie du Muséum, à l'initiative de la RCP 459, « Genèse et nature des faciès confinés ». (Responsable Georges Busson, Sous-Directeur du Laboratoire.)

de reconstituer l'évolution paléogéographique des communications marines qui ont existé entre l'Atlantique et la Méditerranée au cours du Miocène supérieur.

I. Cadre géographique et structural

Les zones étudiées comprennent :

a — *Une zone de sédimentation ouverte sur l'Atlantique*, avec les subdivisions suivantes :
— le bassin du Rharb, zone encore subsidente actuellement, avec un Quaternaire épais, qui a surtout été reconnue par sondage ;
— la Mamora, qui est un plateau boisé incliné formant « glacis » ;
— le plateau des Zaër, domaine stable, appartenant à la Méséta marocaine.

b — *Le couloir sud-rifain.* Il s'agit de la prolongation vers l'est de l'ensemble Rharb-Mamora-Zaër, qui forme une « avant-fosse » de la chaîne rifaine limitée au nord par le front de charriage de la nappe prérifaine.

c — *Le bassin de Guercif*, qui correspond à un épanouissement des dépôts néogènes de l'avant-pays, situé à son extrémité orientale. Il est limité au sud par le Moyen Atlas, à l'ouest par le massif du Terni-Masgout et au nord par les Beni Bou Yahia.

d — *Les bassins méditerranéens du Rif oriental.* Sur un substratum de nature très complexe, c'est un ensemble de dépôts post-tectoniques comprenant :
— le bassin de Bou Dinar ou bassin de l'Oued Amekrane,
— le bassin de l'Oued Kerte,
— le bassin du Gareb et le revers septentrional des Kebdana.

II. Échelles biostratigraphiques et séries sédimentaires des domaines atlantiques et méditerranéens

Les Foraminifères planctoniques qui servent de « marqueurs » pour la définition des biozones au sommet du Miocène sont différents dans les bassins atlantiques et dans les bassins méditerranéens. En effet, dans les bassins du Rharb et du Guadalquivir on note l'absence de *Globorotalia mediterranea* Catal. & Sprov., qui est l'espèce caractérisant le Messinien dans la zone intra-méditerranéenne, tandis que l'on y trouve au contraire les formes ancestrales de *Globorotalia margaritae* Bolli & Berm., qui permettent de définir la biozone à *G. primitiva* Cita, dont la présence n'a pu être reconnue dans les affleurements de la côte méditerranéenne.

L'équivalence entre les biozones à *G. mediterranea* et à *G. primitiva* ne peut être fixée d'une manière absolument précise, mais il est tout de même possible de proposer le tableau suivant :

Atlantique	Méditerranée
Zone à *Globorotalia margaritae*	
Zone à *G. primitiva*	Zone à *G. mediterranea*
Zone à *G. dutertrei* et *G. miotumida*	Zone à *G. dutertrei*
Zone à *G. acostaensis* et *G. miotumida*	

Les séries lithologiques diffèrent aussi très fortement.

Sur le versant méditerranéen l'ensemble Tortonien/Messinien mesure des épaisseurs variables (200 à 600 m en moyenne) et montre une lithologie très diversifiée :

— A la base de la série qui est habituellement discordante sur un substratum plissé et métamorphisé, on observe des conglomérats et des grès. Au-dessus viennent des cinérites à biotites, feldspath, fragments d'andésite ; ainsi que des marnes avec quelques niveaux de diatomites. On note également des bancs de calcaire parfois ferrugineux et, en certains points des bassins, des récifs à *Porites*. Le gypse est toujours très rare.

— Le Pliocène inférieur est habituellement nettement transgressif sur ces dépôts, avec un conglomérat de base suivi par des marnes, des lumachelles, des calcaires gréseux et des grès.

Sur le versant atlantique la série qui se dépose dans la partie centrale du bassin est au contraire caractérisée par le passage continu du Miocène au Pliocène en faciès marin pélagique. Dans le bassin du Rharb, le Tortonien et le Messinien mesurent ensemble souvent plus de 1 500 m d'épaisseur et ils correspondent à une série très monotone d'argiles gris bleu, légèrement calcaires avec de minces intercalations de siltstones ou de grès très fins. Cette série passe sans aucune variation au Pliocène inférieur qui ne peut être individualisé que par la microfaune. A la bordure septentrionale du Rharb, des faciès plus néritiques existent, en particulier dans la région de Had Kourt. Dans le bassin du Saïs et dans celui de Guercif il y a en outre des dépôts montrant des influences continentales dont la signification sera précisée au cours de l'interprétation paléogéographique.

III. Paléogéographie

a — *Évolution paléogéographique pendant le Tortonien*

Vers la limite Serravallien-Tortonien, il se produit une très large transgression sur l'avant-pays du Rif qui était resté émergé par endroits depuis la fin du Carbonifère. Cette transgression est provoquée par une importante phase de distension qui succède à une phase de compression un peu plus ancienne qui a engendré la deuxième phase de schistosité dans le Mésorif (D. Leblanc, 1975). Il est d'ailleurs très probable qu'il n'y ait plus eu de raccourcissement notable postérieurement à cette phase compressive et que, par conséquent, la position des grandes masses continentales (Espagne, Maroc) n'a sensiblement plus varié depuis cette période.

Dans la dépression créée par la submersion de l'avant-pays, la nappe prérifaine se met

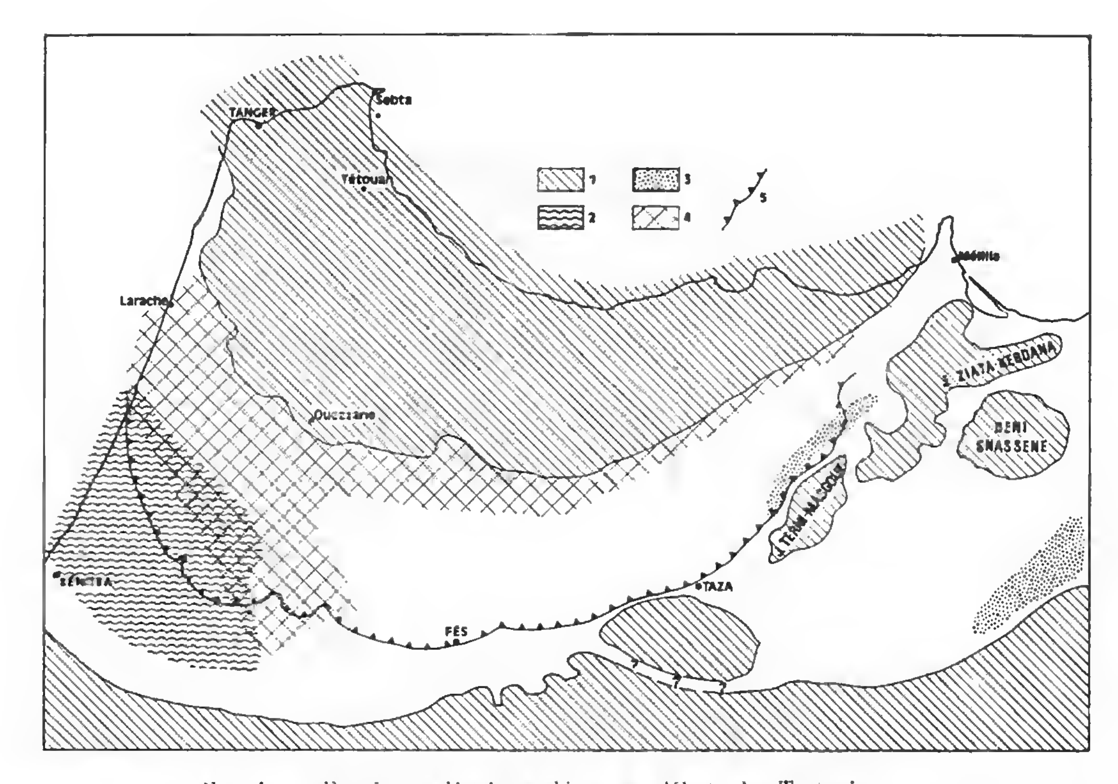


Fig. 1. — Esquisse paléogéographique au début du Tortonien.
1, domaine émergé ; 2, faciès bathyal ; 3, faciès littoral ; en blanc faciès intermédiaires ; 4, zones de subsidence ; 5, front de nappe.

en place par glissement au début du Tortonien (H. Feinberg et D. Leblanc, 1967). Vers la même époque, l'accentuation des mouvements transgressifs fait aussi progresser les limites de la mer en direction du nord. Une superficie importante de la chaîne est alors couverte par le domaine marin qui s'avance aussi largement sur l'avant-pays dans le bassin du Guercif mais est encore contenu à l'ouest où il n'entame que peu le glacis de la Mamora. On arrive ainsi (cf. fig. 1) à l'image d'un bras de mer d'environ 100 km de large et de 350 à 400 km de longueur, joignant l'Atlantique et la Méditerranée.

Dans la zone orientale de nombreux témoins sédimentaires ont disparu à la suite de l'exhaussement de cette région et de l'érosion concomitante ; il est donc assez difficile de préciser les contours des rivages. Il paraît plausible, cependant, d'avancer qu'il ait pu se former des îles à l'emplacement d'une partie des reliefs actuels (J. Ziata et Kebdana, massif du Terni-Masgout, Beni-Snassene) en raison de la fréquence des faciès littoraux et côtiers que l'on note dans cette région. Cependant la continuité des dépôts marins jusqu'à la frontière algéro-marocaine est attestée par de nombreux témoins sédimentaires reconnus soit en sondages (hydrogéologiques) soit à l'affleurement.

Dans la zone occidentale les dépôts sont en général nettement plus épais et les faciès sont plus pélagiques. La profondeur du bassin dans la zone des faciès bathiaux (cf. fig. 1)

peut être estimée à environ 1 500 m d'après les données paléo-bathymétriques tirées des associations de Foraminifères.

Enfin, il faut souligner l'existence d'importantes zones de subsidence qui recoupent la répartition des divers faciès et correspondent à la présence de zones mobiles dans le substratum du bassin (cf. quadrillé de la fig. 1).

Vers la fin du Tortonien une évolution décisive intervient dans la paléogéographie avec le gauchissement du bâti de l'avant-pays : sa partie orientale commence à s'élever tandis que l'occidentale continue à s'affaisser. L'existence de ce gauchissement est certaine puisque la « molasse de base miocène » (d'un âge synchrone d'est en ouest) se trouve portée par endroits jusqu'à une altitude de 1 400 m dans la zone orientale alors qu'elle se trouve en moyenne à — 2 500 m dans des sondages du Rharb, et les preuves de la mise en route de ce mouvement de bascule dès le Tortonien sont nombreuses :

— Dans le bassin de Guercif la sédimentation marine cesse au cours du Tortonien et elle est remplacée par des dépôts à caractère limnique datés par des Ostracodes.

— Il n'y a pas de dépôts marins postérieurs au Tortonien moyen à l'est du col de Touahar.

— Le post-nappe du Prérif méridional (Sof Er Rouf) montre des niveaux régressifs d'âge tortonien.

— Au contraire, à l'ouest la datation des premiers niveaux néogènes qui se sont déposés sur l'avant-pays montre la progression régulière des rivages en direction du sud pendant la même période.

Ces mouvements ont entraîné la migration selon une direction SW-NE des communications marines entre l'Atlantique et la Méditerranée, qui s'établissent alors en travers de la chaîne avec un sillon partant de l'Ouerrha et allant jusqu'à Taher Souk, jalonné ensuite par les « témoins » de Boured et de l'Arba de Taourirt.

b — *Paléogéographie du Messinien*

En remarque préliminaire il faut noter que la durée du Messinien est certainement beaucoup plus brève que celle du Tortonien. Pendant cette période on assiste à la continuation du mouvement de bascule est-ouest entamé au Tortonien, avec en particulier la « vidange progressive » du couloir sud-rifain et l'avancée du domaine marin sur le plateau des Zaër. Mais le phénomène se complique par rapport à celui observé au Tortonien car un autre mouvement se superpose à ce mécanisme de basculement avec l'affaissement de la bordure méditerranéenne où l'on note des transgressions très nettes (cf. fig. 2). La phase de distension responsable de ces phénomènes est d'ailleurs bien connue en Méditerranée occidentale où elle s'accompagne un peu partout de volcanisme.

Ces phénomènes transgressifs et quelques témoins sédimentaires datés près de Boured permettent de supposer qu'une communication marine entre l'Atlantique et la Méditerranée ait pu subsister par le sillon du Nekor au début du Messinien. En outre, la conjugaison des deux mouvements signalés ci-dessus permet d'envisager, à titre d'hypothèse, que cette communication ait eu un caractère intermittent en fonction de la prépondérance alternée de l'un ou l'autre des deux facteurs. Mais la composante qui correspond à la surrection générale de la zone orientale a certainement été dominante avant la fin du Messi-

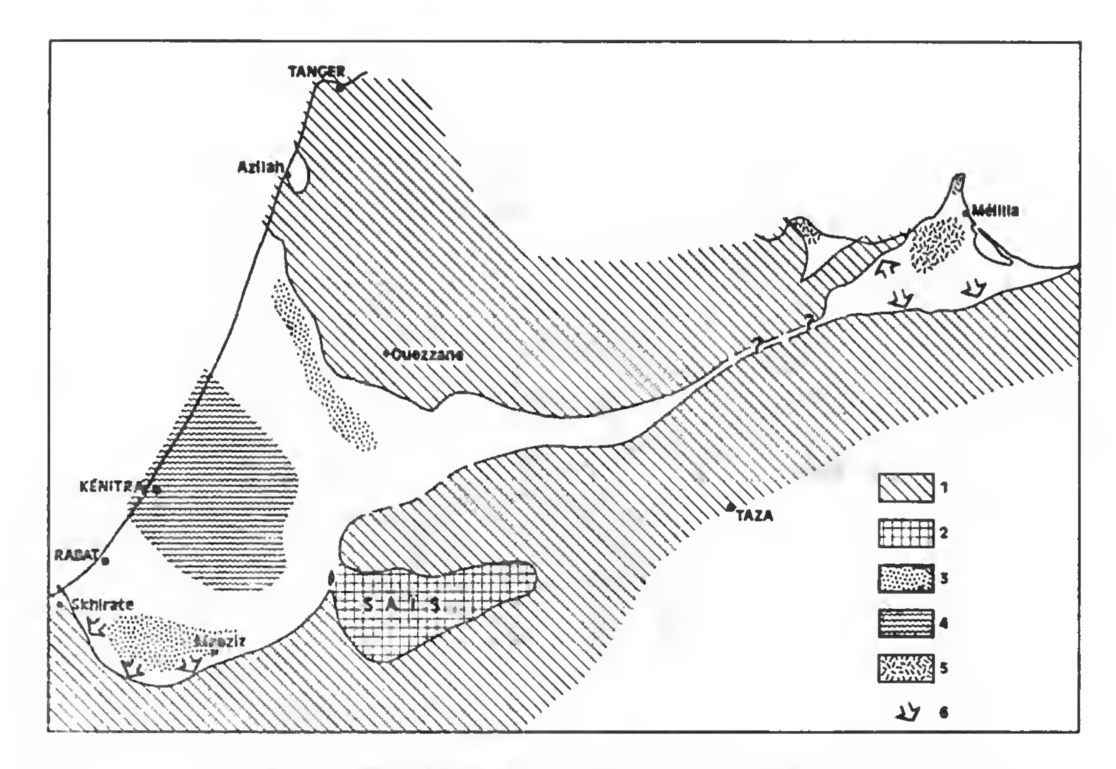


FIG. 2. — Esquisse paléogéographique pendant le Messinien.
1, domaine émergé ; 2, influence marine intermittente ; 3, faciès littoral ; 4, faciès bathyal ; en blanc faciès intermédiaires ; 5, volcanisme ; 6, transgression locale.

nien et elle a entraîné l'interruption définitive du passage intra-montagneux. Il faut, en effet, admettre que les communications marines à travers le Rif ont complètement cessé avant le sommet du Messinien car il y a une émersion à ce moment dans les bassins méditerranéens du Rif oriental et, à l'ouest, la limite est, aussi, clairement marquée par une régression située à la base du Pliocène dont les limites ne dépassent pas vers l'est le bassin du Rharb.

L'assèchement progressif du sillon sud-rifain, signalé au début du paragraphe, est marqué par un épisode particulier lorsqu'il atteint le bassin du Saïs. En effet, dans ce bassin on note, pendant le Messinien, des récurrences de sédimentation marine (« Sables fauves » avec une microfaune de milieu marin) dans un ensemble continental (Calcaires lacustres). Cette particularité de l'évolution sédimentologique de ce petit bassin semble bien être due à la surrection du Horst de l'O. Beth et des Rides prérifaines sous l'effet diapirique du Trias salifère sous-jacent, qui a entraîné la création d'un seuil isolant plus ou moins efficace.

En résumé, les deux aires de sédimentation marine du Messinien reconnues au Maroc sont dissemblables. Vers l'Atlantique les dépôts sont comparables à ceux du Tortonien et à ceux du Tabianien et ils s'intègrent avec eux dans un cycle sédimentaire unique joi-

gnant les trois étages. Dans les bassins tournés vers la Méditerranée, le Messinien forme un cycle beaucoup plus indépendant et, par ailleurs, il s'intègre parfaitement dans un cadre géographique centré sur la mer d'Alboran.

Manuscrit déposé le 8 décembre 1977.

Achevé d'imprimer le 31 octobre 1978.

IMPRIMERIE NATIONALE

8 564 002 5

Recommandations aux auteurs

Les articles à publier doivent être adressés directement au Secrétariat du *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle*, 57, rue Cuvier, 75005 Paris. Ils seront accompagnés d'un résumé en une ou plusieurs langues. L'adresse du Laboratoire dans lequel le travail a été effectué figurera sur la première page, en note infrapaginale.

Le *texte* doit être dactylographié à double interligne, avec une marge suffisante, recto seulement. Pas de mots en majuscules, pas de soulignages (à l'exception des noms de genres et d'espèces soulignés d'un trait).

Il convient de numéroter les *tableaux* et de leur donner un titre ; les tableaux compliqués devront être préparés de façon à pouvoir être clichés comme une figure.

Les *références bibliographiques* apparaîtront selon les modèles suivants :

Bauchot, M.-L., J. Daget, J.-C. Hureau et Th. Monod, 1970. — Le problème des « auteurs secondaires » en taxionomie. *Bull. Mus. Hist. nat., Paris*, 2e sér., 42 (2) : 301-304.

Tinbergen, N., 1952. — The study of instinct. Oxford, Clarendon Press, 228 p.

Les *dessins* et *cartes* doivent être faits sur bristol blanc ou calque, à l'encre de chine. Envoyer les originaux. Les *photographies* seront le plus nettes possible, sur papier brillant, et normalement contrastées. L'emplacement des figures sera indiqué dans la marge et les légendes seront regroupées à la fin du texte, sur un feuillet séparé.

Un auteur ne pourra publier plus de 100 pages imprimées par an dans le *Bulletin*, en une ou plusieurs fois.

Une seule épreuve sera envoyée à l'auteur qui devra la retourner dans les quatre jours au Secrétariat, avec son manuscrit. Les « corrections d'auteurs » (modifications ou additions de texte) trop nombreuses, et non justifiées par une information de dernière heure, pourront être facturées aux auteurs.

Ceux-ci recevront gratuitement 50 tirés à part de leurs articles.


MUSEUM
NATIONAL
D'HIST. NAT.